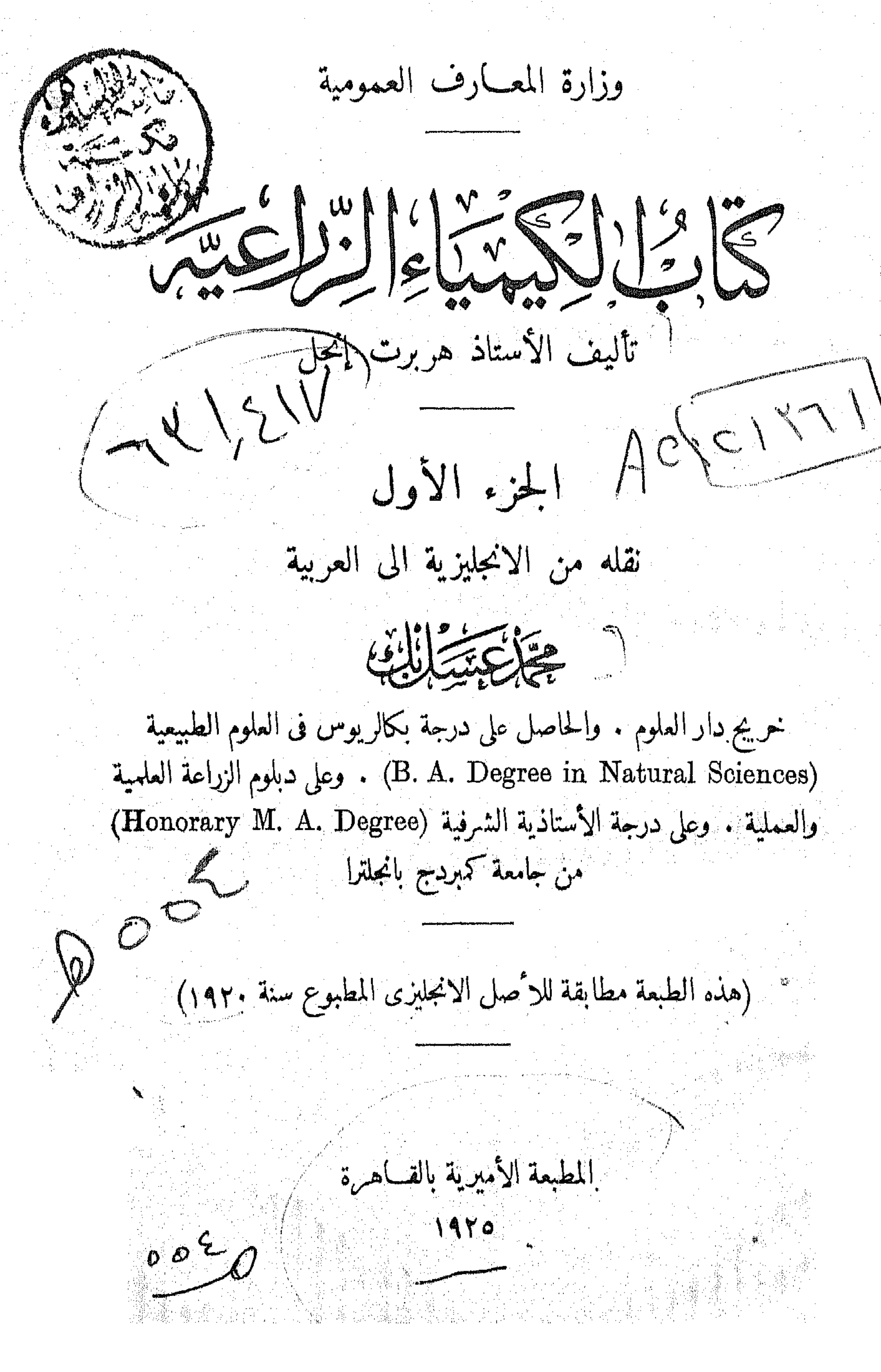
عنوان الكتاب :	كتاب الكيمياء الزراعية (الجزء الأول)
المؤلـــــــف :	هربرت انجل ترجمة محمد عسل بك
سنة النشــر :	١٩٢٥
رقم العهــدة :	٥٥٤هـ
الــ ACC :	٢١٣٦١
عدد الصفحات :	١٧١
رقم الفيلـــم :	١٠



وزارة المعارف العمومية

كتاب الكيمياء الزراعية

تأليف الأستاذ هربرت إنجل

الجزء الأول

نقله من الانجليزية الى العربية

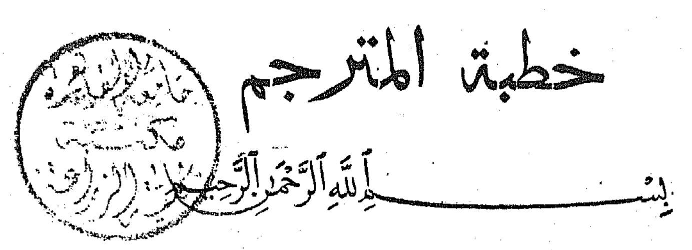
محمد عيسى بك

خريج دار العلوم . والحاصل على درجة بكالريوس فى العلوم الطبيعية (B. A. Degree in Natural Sciences) . وعلى دبلوم الزراعة العلمية والعملية . وعلى درجة الأستاذية الشرفية (Honorary M. A. Degree) من جامعة كمبردج بانجلترا

(هذه الطبعة مطابقة للأصل الانجليزى المطبوع سنة ١٩٢٠)

المطبعة الأميرية بالقاهرة

١٩٢٥



خطبة المترجم

بسم الله الرحمن الرحيم

أحمدك يامن أودعت الكون خواص لا تحصى . وأرشدت الأنسان الى معرفة أسرارها التى لاتستقصى . وأصلى وأسلم على سيدنا محمد القائل :

احْرُثْ لِدُنْيَاكَ كَأَنَّكَ تَعِيشُ أَبَدًا . وَاعْمَلْ لِآخِرَتِكَ كَأَنَّكَ تَمُوتُ غَدًا

وعلى آله وأصحابه وسائر الأنبياء والمرسلين

وبعد فانى أحمد الله أن وفقنى لخدمة أبناء اللغة العربية بترجمة الجزء الأوّل من كتاب الكيمياء الزراعية تأليف العلامة المستر إنجل أستاذ علم الكيمياء الزراعية بجامعة لِيدز سابقا

ولما كان هذا أوّل كتاب حديث فى الكيمياء الزراعية أخرج الى اللغة العربية عانيت فى وضع مصطلحاته مشقة كبيرة . ولكنى بعون الله ذللت كل الصعوبات التى صادفتنى فانتقيت للمصطلحات العلمية من الألفاظ العربية أليقها معنى وأخصرها مبنى . ولم أقرّ من الألفاظ الأجنبية الا ما اقتضت الحكمة بقاءه محافظة على دوام الصلة بيننا وبين العلماء الغربيين وقد ميزت كل المصطلحات بوضعها بين زوجين من الواوات الصغيرة

وقد نهجت فى تعريب الكتاب منهجا يجعله أقرب الى مدارك المتعلمين من أبناء اللغة العربية مع المحافظة على المعنى العلمى المقصود وأثبت فى حاشية الكتاب زيادات من عندى قصدت بها إيضاح الموضوع وحوّلت المقاييس الانجليزية فى المواضع الهامة الى مصرية أو مترية تسهيلا على الطلاب المصريين . ولم آل جهدا فى ضبط المصطلحات العلمية والالفاظ العربية التى ربما تخفى على الطلبة الذين أعدّ لهم هذا الكتاب

وقد أزلت من كتابى هذا كل شذوذ عن قوانين اللغة العربية بالتقاء الساكنين من غير مسوغ فى أسماء العناصر وغيرها من الألفاظ العلمية المنقولة وأسماء الأشخاص والبلدان

وقد أردفت ترجمتى هذه بفهرس أبجدى يستطيع القارئ بواسطته أن يستخرج ما يحتاج إليه من المعلومات المدونة فى هذا الكتاب من غير كبير عناء

ومنتهى آمالى أن ينفع الله بصنيعى هذا أبناء الأمة العربية عموما والمصرية خصوصا فى ظل حضرة صاحب الجلالة مليكنا المعظم

فؤاد الأول

لا زالت مآثره مدى الدهر تذكر . وألوية العلم فى عهده تنشر

محمد عسل

خطبة المؤلف التى صدر بها الطبعة الثالثة

هذه الطبعة مطابقة للطبعة الأولى إلا فيما يتعلق بالاصلاحات والزيادات القليلة التى أدخلت فيها

ولا بأس فى كتاب ابتدائى كهذا أن يرجأ الكلام على نتائج الأبحاث الحديثة الخاصة بتركيب المواد البروتينية وهضمها ريثما تكشف الأبحاث التى تجرى الآن بهمة تفاصيل الحقائق والقواعد الأساسية المتعلقة بذلك

ومما لا شك فيه أننا سنصل فى المستقبل القريب الى ادراك كنه عملية الهضم من جميع وجوهها ادراكا واضحا يجعل تلقينها للمبتدئين من المتعلمين أمرا هينا

مدينة ليدز فى أكتوبر سنة ١٩١٩

خطبة المؤلف التى صدر بها الطبعة الأولى

هذا الكتاب الصغير مبنى على تجارب طويلة اكتسبتها أثناء تعليمى تلامذة الزراعة الذين يوجد بينهم لسوء الحظ كثيرون ليس فى وسعهم أن يخصصوا من أوقاتهم ما هو ضرورى للالمام بقدر واف من علم الكيمياء العامة ، حتى يستطيعوا الانتفاع بقراءة مؤلفات مثل كتابى المسمى " رسالة الكيمياء الزراعية "

على أن أىّ مؤلف يفشل غالبا اذا حاول الجمع فى كتاب واحد بين تعليم أصول الكيمياء العامة والمعلومات الفنية الخاصة بالكيمياء الزراعية . ومن أجل ذلك أنصح لمن يتعلم كتابى هذا أن يقرأ مختصرا جيدا من المختصرات الحديثة فى الكيمياء العامة . وربما كان خيرا من هذا أن يطلب الى معلمه أن يشرح له شرحا كافيا كل ما أودعته فى هذا الكتاب من العبارات المختصرة غير الوافية فى أصول الكيمياء وفى خواص العناصر والمركبات المهمة فى علم الزراعة

وإنى وإن كنت على يقين من أن المعرفة المفيدة فى الكيمياء الزراعية لا يمكن اكتسابها بدون دراية سابقة بعلم الكيمياء العامة كما قدمت ، أعلم أيضا أن كثيرين من طلاب علم الزراعة ومن الزراع تلجئهم الضرورة الى الابتداء بالكيمياء الزراعية على غير معرفة أولية بالكيمياء العامة ، ولذلك راعيت فى تأليف كتابى هذا أمثال هؤلاء بوجه خاص

ولم أبسط القول فى تاريخ أدب الكيمياء لأن المقصود بالذات من هذا المؤلف انما هو طالب الزراعة لا طالب الكيمياء

ولما كان وضعى لهذا الكتاب أيام كنت أباشر المزروعات والتجارب الزراعية بأفريقية الجنوبية ، رأيت من المستحسن أن أذكر فيه شيئا عن الحاصلات الزراعية فى المنطقة الحارة وما يقاربها ، زيادة على المعلومات الخاصة بالزراعة الانجليزية المعتادة ، رجاء أن يستفيد من ذلك فى هذه الأيام التى تتالى فيها سفر الكثير من طلاب الزراعة الى المستعمرات للاقامة فيها . ورغبة فى جعل الكتاب أكثر موافقة لحاجة القراء من أهل تلك المستعمرات . ولا ريب أن المقارنة بين أحوال المنطقة الحارة وأحوال المنطقة المعتدلة لا تخلو من الفائدة لجميع القراء . وكل مؤلف عرضة لأن يعير الموضوعات التى اشتغل بها اشتغالا خاصا جانبا عظيما من الأهمية يزيد عن حد الاعتدال . وقد يعثر القارئ فى كتابى هذا على شيء من أمثلة هذا الضعف فى التأليف

وما أشرت اليه فى الباب التاسع من كيفية تركب رماد الاغذية الحيوانية ومقادير الأجزاء الداخلة فى تركيبها ، ان لم يكن ذا فائدة كبرى فى أوربا ، لتنوع هذه الأغذية فيها ، فهو من الأهمية بمكان فى أفريقية الجنوبية ، لأن أغذية دواب الجر فيها غالبا من الحبوب فقط

وقد ذكرت فى الباب الثالث بيانا مختصرا للأسباب الهامة التى ينشأ عنها تحرك الماء فى تربة الارض ، وأردت بذلك ازالة الخلط الذى يصحب تعليل هذه الظاهرة بكونها ناشئة عن الجذب الشعرى . وشرحت فى الباب العاشر الاختلاف الذى فى تركيب لبن البقر باسهاب ربما كان أكثر مما تبرره حالة كتاب صغير كهذا . ومعذرتى للقراء أن العناية بهذا الموضوع فى الوقت الحاضر أصبحت عامة

ولا أرتاب فى أن هناك مواطن أخرى يُرى الكتاب فيها خارجا عن التوازن ولكنى أرجو من القارئ أن يتغاضى عن هذه . بيد أنى مع هذا آمل أن يفى الكتاب بحاجات الذين ألفته لفائدتهم

أكتوبر سنة ١٩٠٨

مباحث الكتاب

(أنظر الفهرس الأبجدى فى آخر الكتاب)

الباب الأوّل وهو مقدّمة الكتاب

تبحث الكيمياء الزراعية عما يتركب منه غذاء النبات والحيوان ، وعن التغيرات الكيميائية التى تحدث أثناء التقلبات الضرورية للحياة

ومن هذا يظهر أنها تبحث عما تتركب منه التربة الأرضية والهواء والماء ؛ وعما يتركب منه جسم النبات والحيوان ، وعما تتركب منه الأسمدة وغيرها من الأجسام ، كما تبحث عن التغيرات الكيميائية التى تحدث لجميع الأجسام المتقدمة

قبل الشروع فى دراسة الكيمياء الزراعية يجب على الطالب أن يخصص جزءًا من وقته لدراسة علم الكيمياء العام . ولما كان من الصعب أن يضمّن هذا الكتاب الصغير كل المعلومات الضرورية فى هذا العلم ، أصبح من المحتم على من لم تسبق له دراية بها أن يعضد ما يقرؤه هنا ، بمراجعة بعض المتون الحديثة الجيدة فى علم الكيمياء العام

وقد جعلت هذا الباب مقصورا على بيان موجز للمذهب الحديث فى علم الكيمياء وعلى شرح أهم الخواص المميزة للعناصر المفيدة فى علم الزراعة

« مبحث الذرة »

طبقا للآراء الحديثة تتركب كل مادة من أجزاء بالغة النهاية فى الصغر لا تنقسم ولا تفنى . ونعنى بالمادة كل شيء يؤثر فى حواسنا وله ثقل . وهذه القاعدة منقوضة بنظرية الالكترون الجديدة الخاصة بالمادة ، وبما عرف حديثا من تحول عنصر الرديوم الى عنصر الهليوم ، ولكنها لا تزال صحيحة فيما يتعلق بأغلب الأجسام

ويعتبر الكيميائى أن كل مادة ، سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية ، محببة من وجهة كونها مركبة من مجموعات لاتحصى من هذه الأجزاء التى لاتنقسم وتسمى هـذه الأجزاء البالغة غاية الصغر "ذرّات" ، ولذا يعرف هـذا المذهب "بالنظرية الذرية" وهى قديمة الأصل ، لكنّ جُن دلْتن هو أول من أدخلها فى الكيمياء بمعناها الحالى فى مبدأ القرن التاسع عشر تقريبا

« مبحث العناصر والأوزان الذرية »

يوجد فى الكون نحو ثلاثة وثمانين نوعا من الذرات يختلف بعضها عن بعض . وكل جسم يحتوى على نوع واحد من تلك الذرات يسمى "عنصرا" وتتركب الكرة الأرضية كلها ، على ما وصل اليه علمنا ، من هذه الثلاثة والثمانين عنصرا أو نحو هـذا العدد . وذرات العناصر المختلفة متفاوتة فى الوزن ، أما ذرات العنصر الواحد فمتحدة فى الوزن والخواص الأخرى

وخواص أى جسم كامنة فى جزيئاته لا فى ذراته فقد نجد جسمين مختلفين تمام الاختلاف فى الخواص مع أنهما يحتويان على ذرات متشابهة تمام التشابه ، ولكن فى مثل هـذه الحال تكون الجزيئات مختلفة . فالأكسچين المعتاد مثلا يتركب من جزيئات يحتوى كل منها على ذرتين من ذرات عنصر الأكسچين ، وهو يخالف مخالفة تامة الأُزون الذى يحتوى كل جزىء منه على ثلاث ذرات من العنصر نفسه

والوزن الذاتى لأى ذرة صغير جدا حتى انه يكاد يستحيل تعيينه . أما الوزن النسبى للذرة بمقارنتها بذرة من نوع آخر فيمكن تعيينه تعيينا دقيقا . ولا يمكننا أن نشرح فى هذا الكتاب الطرق المستعملة لايجاد الوزن الذرى للعناصر

ولنذكر هنا تتميما للفائدة جدولا يشتمل على أسماء العناصر بترتيبها الهجائى وعلى الوزن النسبى لذراتها وهو مطابق للجدول الذى أصدرته "اللجنة الدولية للأوزان الذرية" سنة ١٩٢٠ :

جدول أسماء العناصر ورموزها وأوزان ذراتها

ا = ١٦

اسم العنصر	الرمز	الوزن الذرى	اسم العنصر	الرمز	الوزن الذرى
إتربيوم	تب	١٧٣٫٥٠	بروم	بر	٧٩٫٩٢
إتريوم	تر	٨٩٫٣٣	بزموت	بز	٢٠٨٫٠٠
إربيوم	بم	١٦٧٫٧٠	بلاتين	بلا	١٠٦٫٧٠
أرجون	جن	٣٩٫٩٠	بلديوم	بل	١٩٥٫٢٠
أزوت أو نيترچين	ز	١٤٫٠٠٨	بوتسيوم	بو	٣٩٫١٠
إسترنسيوم ...	ست	٨٧٫٦٣	بور	ب	١٠٫٩٠
إسكنديوم ...	سك	٤٤٫١٠	تربيوم	تو	١٥٩٫٢٠
أسميوم	سم	١٩٠٫٩٠	تلور	تل	١٢٧٫٥٠
إكربتن	كت	٨٢٫٩٢	تليوم	لى	٢٠٤٫٠٠
أكسچين... ...	ا	١٦٫٠٠	تنتال (تنتلوم)	تا	١٨١٫٥٠
ألومنيوم	لو	٢٧٫١٠	تنجستين	ت	١٨٤٫٠٠
أنتمون	ن	١٢٠٫٠٠	تيتان (تتنيوم)	تى	٤٨٫١٠
إنديوم	ند	١١٤٫٨٠	ثريوم	ث	٢٣٢٫١٥
أيدروچين ...	يد	١٫٠٠٨	ثليوم	ثل	١٦٨٫٥٠
إيرديوم	ير	١٩٣٫١٠	جاليوم	جا	٧٠٫١٠
باريوم	با	١٣٧٫٣٧	جدلنيوم	جد	١٥٧٫٣٠
براسيدميوم ...	بس	١٤٠٫٩٠	جرمنيوم	جر	٧٢٫٥٠

تتمة جدول أسماء العناصر ورموزها وأوزان ذراتها

اسم العنصر	الرمز	الوزن الذرى	اسم العنصر	الرمز	الوزن الذرى
جلوسنيوم ...	ج	٩,١٠	سلنيوم	سل	٧٩,٢٠
حديد...	ح	٥٥,٨٤	سمريوم	سر	١٥٠,٤٠
خارصين أوزنك	خ	٦٥,٣٧	صديوم	ص	٢٣,٠٠
دسبرسيوم ...	دس	١٦٢,٥٠	فانديوم	فا	٥١,٠٠
ذهب...	ذ	١٩٧,٢٠	فسفور	فو	٣١,٠٤
ريديوم	و	٨٥,٤٥	فضة	ف	١٠٧,٨٨
رتنيوم	تن	١٠١,٧٠	فلور	فل	١٩,٠٠
رديوم...	د	٢٢٦,٠٠	قصدير	ق	١١٨,٧٠
رصاص	ں	٢٠٧,٢٠	كبريت	كب	٣٢,٠٦
رodيوم	يو	١٠٢,٩٠	كدميوم	كد	١١٢,٤٠
زئبق	ے	٢٠٠,٦٠	كربون	ك	١٢,٠٠
زركنيوم... ...	كن	٩٠,٦٠	كروم	كر	٥٢,٠٠
زرنيخ	ر	٧٤,٩٦	كلسيوم	كا	٤٠,٠٧
زينن	نن	١٣٠,٢٠	كلمبيوم	لم	٩٣,١٠
سريوم	سى	١٤٠,٢٥	كلور	كل	٣٥,٤٦
سلسيوم أوسلكون	س	٢٨,٣٠	كوبلت	كو	٥٨,٩٧
سيزيوم	يز	١٣٢,٨١	لتيوم	ل	٦,٩٤

تتمة جدول أسماء العناصر ورموزها وأوزان ذراتها

اسم العنصر	الرمز	الوزن الذرى	اسم العنصر	الرمز	الوزن الذرى
لنتان (لنثنم)...	لن	١٣٩,٠٠	نيودميوم	نيد	١٤٤,٣٠
لوتسيوم	لت	١٧٥,٠٠	نيون	ين	٢٠,٢٠
مجنزيوم	ما	٢٤,٣٢	هلميوم	هم	١٦٣,٥٠
منجنيز...	م	٥٤,٩٣	هليوم	هل	٤,٠٠
موليبدين (مليبدنم)	مو	٩٦,٠٠	يرنيوم...	يم	٢٣٨,٢٠
نتون	نت	٢٢٢,٤٠	يود	ى	١٢٦,٩٢
نحاس...	نح	٦٣,٥٧	يورببيوم	يب	١٥٢,٠٠
نيكل	ک	٥٨,٦٨			

وكانت العادة سابقا أن يعتبر وزن ذرة الايدروجين وحدة للاوزان الذرية ولكن يفضل الآن لعدة أسباب أن تنسب جميع الأوزان الذرية الى جزء من ستة عشر من وزن ذرة الأكسچين ، وهذا ما اتبعناه فى تقدير أوزان العناصر فى الجدول السابق

وقد وضعنا فى الجدول بعد اسم كل عنصر رمزا مكونا من حرف أو أكثر يدل على ذرة واحدة من العنصر الذى وضع له . ومن هذا يظهر أن لكل رمز دلالتين احداهما تمييزية وثانيتهما تقديرية (+)

(+) دلالة الرمز التمييزية هى دلالته على عنصر بعينه . والتقديرية هى دلالته على ذرة واحدة من العنصر — المترجم

«مبحث اتحاد العناصر بعضها مع بعض»

اتحاد عنصرين معا لتكوين مركب كيميائى انما يكون باتحاد عدد مخصوص من ذرات أحدهما مع عدد مخصوص من ذرات الآخر . والنسبة بين هذين العددين فى العادة بسيطة جدا وهى ثابتة لا تتغير فى المركب الواحد . ولنضرب لهذا مثلا :

المـاء مكوّن من أيدروچين وأكسچين ونسبة عدد ذرات الأول الى عدد ذرات الثانى ٢ الى ١ على الترتيب . ويمكن الدلالة على هذا بطريق الاختصار بالقانون يد٢ا الذى يفيد أن جزىء المـاء مكوّن من ذرتين من الأيدروچين (لها وزن نسبي قدره ٢) وذرة واحدة من الأكسچين (لهـا وزن نسبى قدره ١٦)

« مبحث المخلوط والمركب »

من المباحث التى لاغنى عنها الفرق بين المخلوط الآلىّ والمركب الكيميائى . ولنفرق بينهـما من وجهتين احداهمـا نظرية والأخرى عملية . فأما النظرية فهى أن المخـلوط تبقى جزيئات الأجسام المركبة له غير متحدة ، بحيث يمكن بوسائط ملائمة أن نرى تلك الجزيئات جنبا لجنب ، ويبقى كل جسم من الأجسام المكوّنة لذلك المخلوط حافظا لخواصه المميزة له ، بحيث تكون خواص المخلوط نفسه وَسَطا بين خواص تلك الأجسام . بخلاف المركب الكيميائى فان جزيئاته كلها واحدة . ولا يمكن بأى واسـطة من وسائط البحث مهما بلغت من الدقة أن نميز الأجسام الأصـلية المكوّنة له من غير محو خواصه المميزة له ، والتى تغاير بالمرة أوصاف تلك الأجسام

وأما الوجهة العملية فهى ان خلط جسمين لا يحدث على العموم انبعاث الحرارة ولا امتصاصها ، وينجم عنه حاصل خواصه وسط بين خواص الجسمين المكوّنين له ، ويمكن بمجرد وسائط آلية أن نفصله الى أجزائه . بخلاف المركب الكيميائى فان تكوّنه مصحوب عادة بانبعاث حرارة كثيرة ، وخواصه مخالفة

كل المخالفة لخواص أجزائه ، ولا يمكن بأية واسطة آلية مهما بلغت من الدقة أن نفصل ولا أن نثبت وجود الأجسام التى كوّنته . ولنورد التجربة الآتية علها تساعد على فهم الفرق :

اذا أخذنا نحو ١٠ جرامات من برادة النحاس الدقيقة وخلطناها فى هاوُن بنصف وزنها من الكبريت نحصـل على مسحوق برتقالى اللون معتم . فاذا فحصنا جزءًا من الحاصـل بالمكرسكوب أمكننا أن نرى قطعا صـغيرة حمراء من النحاس مجاورة لقطع ليمونية اللون من الكبريت . وزيادة على هذا اذا رمينا جزءًا من المسحوق فى المـاء يشغل الجسمان المكوّنان له عمقين مختلفين تبعا لوزنهما النوعى . فتسقط قطع النحاس الى قاع الاناء وتستقر أجزاء الكبريت التى هى أخف فوق النحاس

ويمكن احداث انفصال تام بمعالجة جزء من المخلوط بثانى كبريتور الكربون فيـذوب الكبريت ويبقى النحاس . فاذا بخرنا ثانى كبريتور الكربون حصلنا على الكبريت فى شكل بلورات صغيرة

ففى هذه الحال أمكننا الحصول على مخلوط صرف من الكبريت والنحاس قابل لأن ينفصل الى أجزائه المكوّنة له بوسائط آلية ، وله من صفات تلك الأجزاء نصيب

ولكنا اذا سخنا جزءًا من المخـلوط المتقدّم فى أنبوبة اختبار حدث اتحـاد كيميائى بين النحاس والكبريت مصحوب بحرارة وضوء وينجم عن التفاعل جسم أسود مغاير كل المغايرة فى جميع خواصه لكل من الجسمين المكوّنين له

فاذا سحقنا الجسم الأسود وفحصـناه بالمكرسكوب شاهدنا أن كل الأجزاء متشابهة فى سواد اللون ولم نستطع تمييز النحاس أو الكبريت

ثم اذا عالجنا جزءًا من هذا المسحوق بثانى كبريتور الكربون لا تتغـير هيئة المسحوق . واذا رشحنا السائل وبخرناه لا يرسب الكبريت (وغاية ما يمكن أنه

ربما يرسب قليل من الكبريت بسبب عدم اجادة خلطه مع النحاس أو بسبب عدم اجادة التسخين) (+)

ثم اذا رمينا الجسم الحادث من التسخين فى الماء بعد سحقه سقط كله الى قاع الاناء . ومن هذا كله يتضح أنه ليس نحاسا ولا كبريتا . غير أن فى وسعنا أن نثبت بطرق مخصوصة أنه يتكوّن من كليهما وذلك بمعالجة جزء منه بالحامض الأزوتيك القوى فيحدث تفاعل شديد وتسبح على سطح السائل كتلة صفراء معتمة و يصير السائل أزرق اللون

فاذا رشحنا هذا السائل و وضعنا فيه قطعة لامعة من الحديد أو نصلا من الصلب أو فُتاتا من ازنك حصلنا على راسب من النحاس الأحمر

ثم اذا أحمينا الكتلة الصفراء فى الهواء احترقت وظهر لها لهب أزرق وانبعثت منها تلك الرائحة المعروفة المميزة للكبريت عند احتراقه

ذلك الجسم الذى حصلنا عليه بتسخين مخلوط النحاس والكبريت مركب كيميائى يسمى كبريتور النحاس وقد تكوّن من الجسمين المركّبين له مع انبعاث حرارة كما يحدث فى كل المركبات تقريبا

« مبحث المقارنة بين الذرة والجُزْء »

اذا أنعمنا النظر فى معنى كلمة ذرة ظهر لنا جليا انه لا يمكن اطلاقها على أصغر جزء يمكن تصوّره من الماء أو من أى جسم مركب وذلك لأن هذا الجزء مكوّن من ذرتين على الأقل فهو قابل للقسمة ، ومن أجل ذلك وضعت كلمة "جُزْء" لتدل على أصغر جزء يتصوّره الانسان من أى جسم مركب و يمكن أن يوجد منفردا

(+) و بذلك يبقى جزء من المسحوق على حالة مخلوط — المترجم

وفى الحقيقة ان الغالب عدم وجود الذرات على حال انفراد حتى فى العناصر نفسها فان أصغر جزء منها يوجد منفردا يشتمل على ذرتين أو أكثر (+) مثلا الأكسجين المنفرد يوجد على حال جزيئات يحتوى كل منها على ذرتين . أما جزيئات الأكسجين التى تشتمل على ثلاث ذرات فانها تخالف بالمرة خواص الأكسجين المعتاد وتكوّن جسما آخر يعرف بالأُزُون

وقد توجد الذرات على حال الانفراد فى قليل من العناصر . وأحسن مثال لهذا عنصر الأَرْجُون الذى عُرف حديثا فانه يتكوّن من ذرات منفصلة لا غير

فالذرة والجزىء فى هذه الحال وأمثالها شئ واحد

« مبحث المعادلات الكيميائية »

عند حصول التفاعل الكيميائى لا توجد المادة من العدم ولا تمحى من الوجود ولكن تنشأ جزيئات جديدة بحدوث ترتيب جديد فى العناصر الداخلة فى التفاعل . ويعنى الكيميائى بدرس التغيرات الكيميائية درسًا تاما وفى كثير من الأحيان يستطيع التعبير عنها بالتفصيل بواسطة المعادلات الكيميائية ولنمثل لذلك بحالة بسيطة وهى اتحاد الأيدروجين مع الأكسجين لتكوين الماء :

كل جزىء من جزيئات غاز الأيدرُوچين يشار اليه بالرمز يد٢ وكل جزىء من جزيئات غاز الأكسجين يشار اليه بالرمز أ٢ وعند حصول التفاعل يتحد جزيئان من الأيدروچين مع جزىء واحد من الأكسجين لتكوين جُزَيْئَين من الماء

ويبين هذا بالمعادلة الآتية :

٢ يد٢ + أ٢ = ٢ يد٢أ

(+) ولذلك يسمى "جزيئا" أيضا — المترجم

والمعادلة الكيميائية تشابه المعادلة الجبرية من جهة أنه يجب أن يكون مقدار كل عنصر فى أحد الطرفين مساويا لمقداره فى الطرف الآخر ، وتخالفها من جهة أنه ليس من المطرد فى المعادلة الكيميائية جواز استبدال أحد الطرفين بالآخر

والمعادلة فى نظر الكيميائى عبارة مختصرة تبين نوع التغير الكيميائى ، فضلا عن أنها تعين بالتفصيل مقادير الأجسام المختلفة التى لها دخل فى هذا التغير

ومع ذلك ينبغى أن لا يعزب عن فكر الطالب أن المعادلة لا تصبح عمدة فى بيان حقيقة أى تفاعل كيميائى الا بعد اجراء التجارب الدقيقة التى تثبت ذلك التفاعل . فلا يجوز للمبتدئ على الخصوص أن يجعل المعادلات واسطة للتنبؤ بالتفاعل الكيميائى بين جسمين أو أكثر ، بل يجب عليه أن يجعلها واسطة لتسجيل الحقائق التى يصل اليها بتجاربه الدقيقة

«مبحث الألفاظ الاصطلاحية الأكثر استعمالا فى الكيمياء»

قبل أن نشرح العناصر المفيدة فى الزراعة على وجه الاختصار يجدر بنا أن نوضح معانى بعض الألفاظ الاصطلاحية الأكثر استعمالا فى علم الكيمياء

ولما كانت هذه المصطلحات ليست الا متفرقات شتى لم أحاول أن أرتبها ترتيبا منطقيا بل رتبتها على حسب حروف الهجاء تسهيلا للمراجعة فأقول :

التَّأكُسُد والاخْتِزَال — يقصد بالتأكسد على مايستفاد من اللفظ الاتحاد مع الأكسجين ، ولكن اللفظ فى الكيمياء يستعمل بمعنى أعم من هذا أعنى الاتحاد مع مقدار من الأكسجين زائد عن الداخل فى تركيب الجسم أو مع جسم آخر يعمل عمل الأكسجين . مثلا : تحول مركب الحديدوز ككلورور الحديدوز أى ح كل٢ الى مركب الحديديك أعنى كلورور الحديديك أى ح كل٣ يسميه الكيميائى فى الغالب تأكسدا ولو أنه لا دخل للأكسجين فيه

أما الاختزال فيستعمل فى معنى مضاد للتأكسد(+) وكل جسم يحدث تأكسدا للأجسام الأخرى يسمى "مُؤَكْسِدا" وكل جسم يزيل الأكسجين أو ما يعمل عمله يسمى "مُخْتَزِلا"

وأشهر المؤكسدات الهواء والحامض الأزوتيك والأزوتات والكلورات والكلور إلى غير ذلك

وأشهر المختزلات المعادن السهلة التأكسد مثل الزنك وكل جسم غير تام التأكسد مثل الحامض الكبريتوز أى يد٢ كب ا٣ وأنواع كثيرة من المواد العضوية المتعفنة (خصوصا اذا كانت فى الماء) الى غير ذلك

التعفن — هو تحلل فى المواد الكربونية مصحوب أحيانا بتأكسد ويحدث بواسطة الأعمال الحيوية لكل من البكتريا ونبات التخمر ونبات العَفَن ونحوها وتنشأ منه غازات أو أبخرة كريهة الرائحة

وعند حصول التأكسد بواسطة الهواء تحدث حرارة

التقطير المُبِيد — هو تعريض المواد الكربونية فى الغالب الى درجة حرارة عالية بمعزل عن الهواء فتصعد غازات مختلفة ويفنى الجسم الأصلى نهائيا وأحسن مثال لهذا النوع من التقطير تحضير غاز الاضاءة من الفحم الحجرى وفى أغلب الأحوال يبقى جسم أسود معظمه مكوّن من الفحم

الحامض — هو جسم طعمه الحموضة وخاصته تغيير الزرقة النباتية كزرقة عباد الشمس الى الحمرة بشرط أن يشتمل على ذرة أو أكثر من الأيدروجين الذى يمكن أن يحل محله فِلِزّ

ومن أمثلته الحامض الكبريتيك أى يد٢ كب ا٤ والحامض الأزوتيك أى يد ز ا٣ والحامض الكلوردريك أى يدكل والحامض الخليك أى يد ك٢ يد٣ ا٢

(+) يعنى انفصال مقدار من الأكسجين أو جسم آخر يعمل عمله من المركب — المترجم

فاذا عوضنا ايدروچين هذه الحوامض بِفِلِزٍّ وليكن الصديوم تنتج الاملاح الآتية على الترتيب : كبريتات الصديوم أى ص٢ كب ا٤ وأزوتات الصديوم أى ص ز ا٣ وكلورور الصديوم أى ص كل وخلات الصديوم أى ص لك٢ يد٣ ا٢

وكل جسم فيه حموضة وله قدرة على تغيير الزرقة النباتية الى الحمرة يقال أنه حامضى التفاعل . ولكن هذا ليس ببرهان على أن الجسم من الحوامض فان كبريتات النحاس أى نح كب ا٤ مثلا حامضى التفاعل ومع ذلك هو ملح بحت لا يعد من الحوامض

قابلية الأجسام للتطاير — هى استعداد الأجسام الصلبة أو السائلة لأن تتحول الى بخار أو غاز بواسطة الحرارة من غير أن يطرأ عليها أى تغيير كيميائى . وفى هذه الحال يرجع البخار أو الغاز بالتبريد الى حالته الأصلية من كونه صلبا أو سائلا . ومثال هذا الكافور والماء . وهذا هو الاستعمال الحقيقى لهذا المصطلح . وربما استعمل بتساهل فى معنى استعداد الأجسام للتحول الى بخار أو غاز بواسطة الحرارة مع حدوث تغير كيميائى سواء كان تحللا أو تأكسدا وفى هذه الحال يتحوّل الجسم الى مادة أخرى ثابتة ، فلا يعود الجسم الأصلى أبدا عند تبريد البخار أو الغاز

القاعدة — هى كل مادة يمكن أن تزيل حموضة الحامض تمام الازالة أو بعضها ، مكوّنة بهذا ملحا وماء . والغالب أن تكون هذه المادة أكسيدا أو أيدركسيدا لأحد الفلزات . والقواعد القابلة للذوبان فى الماء تسمى قلويات أما القواعد غير القابلة للذوبان فى الماء ، وهى كثيرة ، فلا يطلق عليها اسم القلويات

قاعدية الحامض — هى عدد ذرات الأيدروچين الذى يمكن استبداله فى جزىء من الحامض . مثلا : قاعدية الحامض الأزوتيك أى يد ز ا٣ والحامض الكلوردريك أى يد كل هى ١ ويعبر عن هذا النوع من الحامض بأنه أحادى

القاعدية . وقاعدية الحامض الكبريتيك أى يد٢ كب ا٤ هى ٢ أو بعبارة أخرى هو ثنائى القاعدية . وقاعدية الحامض الفسفوريك أى يد٣ فو ا٤ هى ٣ أو بعبارة أخرى هو ثلاثى القاعدية وهكذا

فالحوامض الأحادية القاعدية لا تكوّن مع الفلز الا نوعا واحدا من الأملاح لأنه ان أمكن استبدال الأيدروچين وجب استبدال الذرة بأجمعها فمثلا لا يوجد الا ملح واحد من أزوتات الصديوم ، وهو الجسم الذى علامته ص ز ا٣ . والحوامض الثنائية القاعدية والعديدة القاعدية تكوّن باتحادها مع الفلز أكثر من نوع واحد من الأملاح . فمثلا أملاح الصديوم مع الحامض الكبريتيك إما أن تكون ص يد كب ا٤ أو ص٢ كب ا٤ تبعا لاستبدال ذرة واحدة أو ذرتين من أيدروچين الحامض بالصديوم . والملح الأول من نوع يسمى "الأملاح الحامضية" والأولى تسميتها "الأملاح الأيدروچينية" وعلى ذلك يسمى هذا الملح "كبريتات الصديوم الأيدروچينى"

القلوى — هو جسم يضاد الحامض فى خواصه واذا أضيف اليه جعله متعادلا ، وأزال خواصه مكوّنا بذلك ملحا وماء ، فهو اذن قاعدة قوية قابلة للذوبان فى الماء . وأهم القلويات الصودا أى ص ا يد والبوتسا أى بو ا يد والجير أى كا ا أو كا يد٢ ا٢ اذا كان ذائبا فى الماء ، ويسمى اذن أيدركسيد الكلسيوم . ويعمل النشادر عمل القلويات . وقانونه ز يد٣ اذا كان غازا و (ز يد٤) ا يد اذا كان ذائبا فى الماء . ويقال إن الجسم قلوىّ التفاعل اذا أمكنه أن يعيد الزرقة الى ورقة عباد الشمس التى حمّرها الحامض

القوّة الذرّية — تختلف العناصر فى قوة اتحاد بعضها مع بعض . فمثلا الكلور يتحد مع الأيدروچين ذرة لذرة فقط أو بعبارة أخرى ذرة من الكلور تعادل ذرة من الأيدروچين كما نرى فى المركب يد كل . أما الأكسچين المعتاد

فله قوة اتحاد تساوى ضعف قوة الأيدروچين أو بعبارة أخرى ذرة الأكسچين تعادل ذرتين من الأيدروچين كما نرى فى المركب يد٢ ا . وأما الأزوت فله قوة اتحاد أكثر من ذلك ، لأن ذرة واحدة منه يمكن أن تتحد مع ثلاث ذرات من الأيدروچين كما نرى فى المركب ز يد٣ . وأكثر من كل ماقدمنا الكربون فانه يكوّن المركب ك يد٤ . ومنه نعلم أن الذرة الواحدة من الكربون تعادل أربع ذرّات من الأيدروچين

وبناء على ذلك تعرّف القوة الذرية لأى عنصر بأنها عبارة عن عدد ذرات الأيدروچين التى يمكن أن تتحد معها أو تحل محلها ذرة واحدة من العنصر

فالقوة الذرية للكلور هى ١ وللأوكسيچين ٢ وللأزوت ٣ وللكربون ٤ أو بعبارة أخرى الكلور أحادى القوة الذرية والأكسچين ثنائيها والأزوت ثلاثيها والكربون رباعيها

وتختلف القوة الذرية للعنصر باختلاف مركباته . وفى الغالب نرى أن كل المركبات التى يظهر فيها العنصر بقوة ذرية واحدة ، تشترك فى كثير من الخواص التى تميزها تمام التمييز عن المركبات الأخرى التى يظهر فيها العنصر نفسه بقوّة ذرية أكثر أو أقل . فمثلا الحديد الثنائى القوة الذرية الذى يوجد فى كل مركبات الحديدوز ، يحدث نوعا من التفاعل متميزا تمام التميز عن التفاعل الذى يحدثه الحديد الثلاثى القوة الذرية فى مركبات الحديديك

المادة العضوية — هى ، على ما يفيده اللفظ ، مادة تكوّنت بواسطة جسم عضوى أى حيوان أو نبات ، ولكن هذا المصطلح يستعمل فى معنى أعم فى الكيمياء ، إذ يراد به كل مركب كربونى سواء تكوّن بواسطة عمل حيوى أو صناعى

وكل أنواع المواد العضوية تقريبا تسْوَدّ عند تسليط الحرارة القوية عليها بمعزل عن الهواء ، وذلك بسبب انفصال الكربون . أما اذا وصل الى الجسم الكربونى مقدار كاف من الهواء فانه يحترق و يتكوّن ثانى أكسيد الكربون مع حاصلات أخرى

المركبات الباعثة الحرارة والمركبات الماصة الحرارة — نعنى بالمركب الباعث الحرارة كل مادة تنبعث منها حرارة عند تكوّنها . مثال ذلك ثانى أكسيد الكربون . وغالب المركبات من هذا النوع

ونعنى بالمركب الماص الحرارة كل جسم يمتص عند تكوّنه حرارة أو نوعا آخر من الطاقة (+)

ولهذا كانت المركبات الباعثة الحرارة متينة التركيب تحتاج فى تحليلها الى استعمال نوع من أنواع القوة كالحرارة ، فى حين أن المركبات الماصة الحرارة غير متينة التركيب وتطرد حرارة أو نوعا آخر من الطاقة عند تحللها وهى فى الغالب أجسام مفرقِعة . وكل تفاعل كيميائى تنبعث منه حرارة يسمى "تفاعلا باعثا للحرارة". وكل تفاعل تمتص معه حرارة أو نوع آخر من الطاقة يسمى "تفاعلا ماصا للحرارة"

«مبحث العناصر المفيدة فى الزراعة»

جل العناصر المذكورة فى الجدول السابق ليس له كبير أثر أولا أثر له بالمرة فى التقلبات المعتادة لحياة النبات والحيوان . على أن عددا عظيما من العناصر لا يوجد منه فى الكون الا مقادير صغيرة جدا ولا شك أن أمثال هذه العناصر قليلة الجدوى للزراعى

(+) مثال ذلك ثانى كبريتور الكربون أى ك كب٢ — المترجم

وهاك أسماء العناصر الرئيسية التى تتكوّن من مركباتها أجسام الحيوان والنبات :

اسم العنصر	الرمز	الوزن الذرى	اسم العنصر	الرمز	الوزن الذرى
أُكسچين	ا	١٦	بُوتسيوم	بُو	٣٩
أَيْدرُوچِين	يد	١	صُوديوم	ص	٢٣
كَرْبُون	ك	١٢	مَجْنزْيوم	ما	٢٤
أزوت أو نِيتْرُوچِين ...	ز	١٤	حَديد	ح	٥٦
كبريت	كب	٣٢	كلُور	كُل	٣٥,٥
فُسفُور	فو	٣١	سِلسْيوم أو سِلِكُون...	س	٢٨
كَلْسيوم	كا	٤٠			

ولنشرح هذه على سبيل الايجاز فنقول :

الأكسچين — هو أكثر العناصر وجودا فى الكون وأعظمها نفعا ويكوِّن نصف وزن القشرة الصلبة للكرة الأرضية تقريبا ، وثمانية أتساع الماء ، ونحو ربع الهواء الجوّى . وهو فى حالة اتحاد فى الجسمين الأولين وفى حالة اختلاط فى الثالث

«استخلاص الأكسچين» — يمكن الحصول على الأكسچين بعدة طرق من أكثرها استعمالا فى معامل الكيمياء طريقة تسليط الحرارة على كلورات البوتسيوم الذى قانونه بو كل ا$_{٣}$. ومنه نرى أن مقادير الأجسام المكونة لهذا المركب هى ذرة من البوتسيوم وزنها النسبى ٣٩ وذرة من الكلور وزنها ٣٥,٥ وثلاث ذرات من الأكسچين زنة كل منها ١٦ وبهذا يظهر أن ٣٩ + ٣٥,٥ + ٤٨ = ١٢٢,٥ جزءًا وزنيا من الملح المذكور يشتمل على ٤٨ جزءًا من الأكسچين

ومنتهى تأثير الحرارة فى كلورات البوتسيوم طرد جميع الأكسچين وترك بقية من كلورور البوتسيوم أى بو كل . والمعادلة الآتية تبين هذا التحلل :

٢ بو كل ا$_{٣}$ = ٢ بو كل + ٣ ا$_{٢}$

ويمكن اجراءُ التجربة فى دَوْرَق أو مُعْوَجَّة من الزجاج القوى وجمعُ الغاز فوق الماء لأن الاكسچين لا يذوب فيه الا قليلا

واذا خلط ثانى أكسيد المنجنيز أى م ا$_{٢}$ بكلورات البوتسيوم انفصل أكسچين الكلورات على درجة حرارة منخفضة من غير أن ينصهر الكلورات

ومن الحقائق الغريبة أن كلورات البوتسيوم فى مثل هذه الحال هو الذى يتحلل وحده بالحرارة أما ثانى أكسيد المنجنيز فيبقى بدون تغير الى نهاية التجربة (+)

«استخلاص الأكسچين بطريقة بِرِن» — قد أصبح الآن الأكسچين المضغوط فى أسطوانات من الصلب بضاعة يتجر فيها . وغالبه مستخرج من الهواء بطريقة تعرف بطريقة بِرِن وهى مبنية على خاصة أول أكسيد البارِيُوم أى با ا عند إحمائه فى الهواء بشروط مخصوصة فانه يمتص حينئذ أكسچين الهواء ويتكوّن من ذلك ثانى أكسيد البارِيوم أى با ا$_{٢}$ وتبقى الأجزاء الأخرى المكوّنة للهواء من غير تغير . وبواسطة رفع درجة الحرارة أو تخفيض الضغط يتحلل ثانى أكسيد البارِيوم الى أول أكسيد الباريوم وأكسچين خالص ويرجع أول أكسيد الباريوم مستعدا مرة أخرى لامتصاص قدر جديد من أكسچين الهواء . وهكذا يستمر العمل ولا يكاد ينتهى

(+) تدل الأبحاث الحديثة على أن تسهيل ثانى أكسيد المنجنيز لتصاعد الأكسچين ناشئ من تأكسده بواسطة الكلورات الى أكسيد أعلى للمنجنيز . ولعدم قدرة هذا الأكسيد على البقاء فى الأحوال التى يجرى فيها التفاعل ، يتحلل عقب تكوّنه الى أكسچين وثانى أكسيد المنجنيز

وتحدث فى الوقت عينه تفاعلات ثانوية ينشأ عنها تكون مقدار صغير من برمنجنات البوتسيوم وآثار من غاز الكلور ولذلك كان الأكسچين المستخلص بهذه الطريقة أقل نقاوة من الأكسچين المستخلص بتسخين الكلورات فقط — المترجم

ويمكن التعبير عن التفاعل المتقدّم بما يأتى :

(١) ٢ با ا + ا٢ = ٢ با ا٢
↓
مستمد من الهواء

(٢) ٢ با ا٢ = ٢ با ا + ا٢

وهاتان المعادلتان متعاكستان

والجهاز المستعمل فى هذه الطريقة لاستخراج قدر وافر من الأكسجين مَظْهر من مظاهر البراعة غير أن فيه نوع تعقيد فى التركيب

«خواص الأكسجين» — الأكسجين غاز عديم اللون والرائحة لا يذوب فى الماء الا قليلا جدّا فان مائة حجم من الماء فى الأحوال المعتادة تذيب نحو أربعة حجوم منه

وللأكسجين ميل عظيم للاتحاد مع الأجسام الأخرى واتحاده مصحوب عادة بحدوث حرارة كثيرة

والاحتراق أو الاشتعال فى كل الأحوال تقريبا ليس الا نتيجة الحرارة المتولدة من اتحاد الجسم المحترق مع أكسجين الهواء . ومن أجل هذا نجد أن الأجسام التى تحترق فى الهواء (المشتمل على ٢١ ./. من الأكسجين المنفرد) تحترق بلمعان زائد فى الأكسجين النقى ونرى دائما أن درجة الحرارة التى تحدث من الاحتراق وشدّة الضوء المنبعث أكثر فى الأكسجين ، وان كانت كمية الحرارة المنبعثة بواسطة اتحاد وزن معين من أى جسم مع الأكسجين ثابتة لا تتوقف على الأحوال التى حدث فيها الاتحاد

«تقدير كمية الحرارة» — تقاس كمية الحرارة بوزن الماء الذى يمكن أن ترفعه درجة مئوية واحدة ، ولهذا كان من المستطاع تعيين مقدار الحرارة التى تنبعث من اتحاد وحدة الوزن (الرطل الانجليزى أو الجرام) من أى جسم مع الأكسجين . وهذا المقدار ثابت مهما كانت الأحوال التى حدث فيها الاتحاد

والعدد الدال على وحَدات كتلة الماء التى ارتفعت درجة مئوية واحدة (مقدّرة بالأرطال أو الجرامات) بواسطة اتحاد وحدة من كتلة الجسم مع الأكسجين (مقدّرة بالرطل أو الجرام) يسمى "حرارة الاحتراق" أو "القوّة الشُّعْريّة" للجسم

ولنذكر فى الجدول الآتى القوة الشُّعْرية لعدّة من الأجسام المفيدة :

اسم الجسم	القوة الشُّعْرية	اسم الجسم	القوة الشُّعْرية
الفحم النباتى	٨٠٨٠	دهن الزُّبْد...	٩٢١٦
الأيدروچين	٣٤٤٦٠	زيت الزيتون...	٩٤٠٠
الخشب	٢٨٠٠	سكر العنب	٣٧٥٠
الفحم الحجرى المتوسط	٧٥٠٠	« القصب	٣٩٥٥
الكوك	٧٠٥٠	« اللبن	٣٩٥٢
الزلال	٥٩٠٠	«الشعير المتخمر(ملتوز)	٣٩٤٩
الكَسين	٥٨٦٠	المادة الحَلَوِية	٤١٨٥
البَوْلينا (اليُورِيا)	٢٥٤٢	النَّشا	٤١٨٢
دهن الغنم	٩٤٩٤		

«حرارة الاحتراق والتأكسد» — فى أحوال الاحتراق المعتادة تحس الحرارة المنبعثة ، غير أنه فى بعض الأحوال التى يكون الاتحاد فيها مع الأكسجين بطيئا تنبعث الحرارة ببطء كثير جدّا الى حدّ أنها تضيع "بالتوصيل" و "الانتشار" بمجرد تكوّنها وبذلك يكون ارتفاعها فى الجسم المتأكسد فى غاية الضعف أو غير محسوس . وفى أحوال أخرى من التأكسد البطىء عند ما يكون سريان الحرارة معطلا لسبب من الأسباب ترتفع درجتها

الى حدّ تحس فيه أو الى حدّ الخطر . وقد يكون ارتفاع درجة الحرارة فى ظروف مخصوصة موافقة كافيا لاحداث اتحـاد سريع مع الأكسجين ، فينشأ من ذلك اللهب . وهذا مايسمى "بالاحتراق الذاتى" ، وليس قليل الوقوع

ومن بين الأسباب الهـامة لهذا النوع من الاحتراق امتصاصُ الزيوت القابلة للجفاف للأكسجين كزيت بزر الكتّان و بزر القطن لا سيما اذا نشرت فوق بقايا القطن كما يحدث فى الطواحين . وكذا تغيراتُ التخمر التى تحدث فى المواد النباتية مثل الأعشاب المجففة (الدريس ونحوه) ونبات الدخان وكذا تأكسدُ بعض المعدنيات ببطء مثل "بيريتيز الحديد" (ثانى كبريتور الحديد) فى الفحم الحجرى

الأيدرُوچين — هو كالأكسجين كثير الوجود جدّا فى الكون ، وان كان المقدار الوزنى الموجود منه على سطح الأرض صغيرا بسبب صغر وزنه الذرى أعنى ١٫٠٠٨ وأكثر مركباته وجودا المـاء أى يد$_2$ ا

«استخلاص الأيدروچين» — يمكن استخلاص الأيدروچين من الماء بفصل أكسجينه بمساعدة فلز . ومن هذه الفلزات مايخلِّص الأيدرُوچين فى درجة الحرارة المعتادة بمجرد ملامسته للمـاء كالبوتسيوم والصديوم . وهاك معادلة التفاعل :

$$\text{ص}_2 + ٢\ \text{يد}_2\ \text{ا} = ٢\ \text{ص ا يد} + \text{يد}_2$$

ومنها نرى أن الذى يَخْلُص من الأيدروچين انمـا هو نصفه

ومن الفلزات مايفصل الأيدروچين من الماء فى درجة حرارة تقارب درجة الغليان كالمَجْنِزيوم . وهاك المعادلة :

$$\text{ما} + ٢\ \text{يد}_2\ \text{ا} = \text{ما ا}_2\ \text{يد}_2 + \text{يد}_2$$

ومنها مايحتاج الى الحرارة الحمراء لتخليص الأيدروچين كالحديد . ودونك المعـادلة :

$$٣\ \text{ح} + ٤\ \text{يد}_2\ \text{ا} = \text{ح}_3\ \text{ا}_4 + ٤\ \text{يد}_2$$

وأيسر من هذا كله للحصول على الأيدروچين أن نعالج فِلزا بحامض مخفف كأن نعالج الخارصين بالحامض الكبريتيك المخفف . وهاك المعادلة :

$$\text{خ} + \text{يد}_2\ \text{كب ا}_4 = \text{خ كب ا}_4 + \text{يد}_2$$

↓

كبريتـات الخارصين

ويبتدئ هـذا التفاعل فى درجة الحرارة المعتادة ويمكن جمع الغاز فوق المـاء

«صفات الأيدروچين» — صفات الأيدروچين المميزة له هى خفته ودرجة الحرارة المرتفعة التى تنشأ من اتحـاده مع الأكسـجين . وقد أدّت الخاصة الأولى الى استعماله فى ملء المطاوِد (المَنَاطِيد) . نعم ان غازالفحم الحجرى يستعمل الآن لهذا الغرض بسبب سهولة الحصول عليه الا أنه ليس فى درجة الأيدروچين نفعا ، ونحو نصفه نقط أيدروچين والباقى مكوّن من غازات ثقيلة

ومع أن لهب الأيدروچين المحترق فى الهواء أو فى الأكسچين شديد الحرارة صالح لأن يستعمل فى صهر الأجسام الشديدة المقاومة مثل البلاتين والسِلِكا (أكسيد السِلِيشيوم) ، فانه يكاد يكون عديم الاضاءة

وإذا خلط الأيدروچين بالهواء أو بالأكسچين وسخن المخلوط الى درجة حرارة مرتفعة بواسـطة لهب أو شرارة كهربائية مثلا حدثت فرقعة شـديدة كسائر الغازات القابلة للالتهاب . والدرجة التى تحدث فيها الفرقعة تساوى ٦٥٠° مئوية . وكل مخلوط مشتمل على مابين ٥ و ٨٠ فى المـائة من الأيدروچين مفرقع

ويندر جدّا وجود الأيدروچين فى الكون على حالة الانفراد بكميات تستحق الذكر ، مع أن بعض التغيرات التخمرية التى تعرض للمادة النباتية تفصله ، ومع

أنه يوجد بين الغازات التى تصعد من البراكين . ولكنه يوجد على حالة اتحاد فى عدد عظيم جدا من المركبات ، خصوصا مركباته مع الكربون والأكسجين والأزوت

الكربون — الكربون هو العنصر الأقرب اتصالا بحياة النبات والحيوان اذ منه يتكون الجزء الأعظم من المادة الصلبة فى كل المخلوقات الحية . وللكربون دخل عظيم فى أهم التقلبات الكيميائية فى حياة الحيوان والنبات ويوجد على حالة اتحاد فى كثير من المعدنيات مثل كربونات الكلسيوم والمجنزيوم والحديد والزنك والرصاص . كذلك يوجد فى جزء من أجزاء الهواء له أهمية كبيرة ، وان كان صغيرا جدا ، وهو ثانى أكسيد الكربون

ويوجد الكربون على ثلاثة أشكال يتميز بعضها عن بعض وهى الألماس والجرافيت أو البِلَمْبَاجُو والأشكال غير المتبلورة مثل الفحم النباتى والسَّنَاج (هباء المصباح) الى غير ذلك

ولهذه الأشكال خواص طبيعية مختلفة جدا مع أنها واحدة فى التركيب (لأنها ليست الا عنصر الكربون)

أما الألماس فهو جسم بَلُّورِىّ شفاف وكتلته تزن مقدار كتلة تساويها من الماء ثلاث مرات ونصفا . وأما الجرافيت فهو بَلُّورى معتم يزن مقدار كتلة الماء المساوية لكتلته مرتين ونصفا تقريبا . وأما الكربون غير المتبلور فليس له بالضرورة شكل معين ، وهو غير شفاف ، واذا امتلأت مسامه بالماء وزنت كتلته نظيرها منه مرة ونصفا . واللون الأسود الذى يحدث عند تسليط الحرارة القوية على المواد الحيوانية أو النباتية بمعزل عن الهواء مسبب عن انفصال الكربون من مركباته المختلفة الداخلة فى تركيب تلك المواد . ويسمى هذا التغير "تفحما" . ولهذا كان تفحم الأجسام لدى احتراقها دليلا على أن فيها مواد عضوية أى كربونية

والكربون من الوجهة الكيميائية عجيب من حيث اقتداره على الاتحاد مع الأيدروجين أو مع الأيدروجين والأكسجين بنسب كثيرة مختلفة . ويعرف من هذه المركبات آلاف يبحث عنها فى فرع من العلوم الطبيعية يسمى الكيمياء العضوية . وقد أصبحت على حداثة عهدها نوعا مّا علما بعيد الأطراف

الأزوت — يوجد الأزوت فى الكون بمقدار أقل بكثير من العنصرين السابقين . ومن غريب أمره أنه لا يوجد الا فى الجزء الأعلى من الكرة الأرضية على ما يظهر . ويغلب وجوده مختلطا بأجزاء الهواء . وليس من المعدنيات الحقيقية ما يشتمل عليه الا ما كان منها ناشئا عن حياة نباتية أو حيوانية مباشرة مثل الفحم الحجرى وأزوتات الصديوم الذى يوجد بكثرة فى إتشيلى . ومع ذلك فان كل مادة حية تشتمل على الأزوت بجزء جوهرى فى تركيبها

«استخلاص الأزوت» — يمكن الحصول على الأزوت من مركبه مع الأيدروجين أعنى الأُمُنْيَا (غاز النشادر) باخراج الأيدروجين إما بواسطة الأكسجين أو الكلور

«صفات الأزوت» — جل صفات الأزوت سلبية اذ أنه لا يميل الى الاتحاد مع العناصر الأخرى . على أن هذا الفتور العظيم فى الأزوت المنفرد يقابله نشاط كيميائى عظيم فى مركباته على العموم ، فان كثيرا منها يعدّ بين الأجسام الهامة جدّا . ويحتوى كثير من العقاقير والسموم الفعالة على الأزوت ، مثل الكِنِين أى ك٢٠ يد٢٤ ز٢ ا٢ والإستِرِكنِين أى ك٢١ يد٢٢ ز٢ ا٢ والحامض الأيدروسيانيك (الحامض البِرَسِيك) أى يدكز . كما أن معظم المواد المفرقعة من مركبات الأزوت مثل أزوتوجِلِسْرِين أى ك٣ يد٥ ز٣ ا٩ والقطن البارودى أى ك٦ يد٧ ز٣ ا١١ وغيرها كثير

«الأزوت فى غذاء الحيوان والنبات» — الأزوت من الأجزاء الجوهرية الداخلة فى تركيب أغذية الحيوان والنبات . فالحيوان يتغذى به متحدا مع

الكربون والأيدروچين والأكسچين وعناصر أخرى فى مركبات معقدة التركيب تسمى "الأَلْبِيومِينُيْدات" فى حين أن النبات يتغذى به فى شكل أزوتات على الأكثر . ولا ينتفع بالأزوت المنفصل فى الهواء الابعض أنواع النبات فى أحوال خاصة جدا . وسنرى فى الأبواب الآتية أن النبات ، على الرغم من كونه محاطا بالهواء الذى نحو ثلاثة أرباعه وزنا من الأزوت ، لا يستفيد منه شيئا . ولذلك كان الأزوت المتحد أحد الأجزاء الجوهرية ذات القيمة العظمى فى تركيب الأسمدة التى تمد النبات بالغذاء

وغالب الأزوت الداخل فى غذاء الانسان والحيوان يطرده الجسم فى ضمن المركب المسمى بالبَوْلِينا (اليُوريا) وفى ضمن مركبات أخرى يحتوى عليها البراز . ومما يوجب الأسف أن هذه المركبات الأزوتية فى غالب الأحيان تسيل فى المجارى ثم تصب فى الأنهار فتفسدها وتُراق عند النهاية فى البحار فيضيع بذلك الأزوت المتحد وهو كما لايخفى عظيم النفع فى الزراعة

الكبريت — يوجد الكبريت فى الكون منفردا ومتحدا . فيوجد عنصرا فى الجهات البركانية وعلى الخصوص فى جزيرة صِقِلّية . ويوجد متحدا فى ضمن الأيدروچين المكبرت أى يد$_2$ كب فى كثير من المياه المعدنية وعلى شكل كبريتور فلزات كثيرة مثل الحديد وهو المركب المسمى بالبَيْرَيْتيز أى ح كب$_2$ (ثانى كبريتور الحديد) والرصاص وهو المركب المسمى بالجَلِينا أى ر كب والزنك وهو المركب الذى يقال له البِلِنْد أى خ كب . وكذلك يوجد على شكل كبريتات بعض الفلزات مثل الكلسيوم الذى يوجد من كبريتاته نوعان أحدهما "مائى" ويسمى الجِبس أو السِّلِنِيت أى كا كب ا$_4$, ٢ يد$_2$ ا والآخر "غيرمائى" أى كا كب ا$_4$ ومثل الباريوم وهو المركب المسمى بالبَرَيْتِيز أو الإسْبَار الثقيل أى با كب ا$_4$

وكبريتات الكلسيوم كثير الانتشار فى الكون وبسبب كونه يذوب فى الماء نجده فى أغلب مياه الينابيع والأنهار

«استخلاص الكبريت» — يمكن الحصول على الكبريت بواسطة أَكْسَدَة الأيدروچين المكبرت أَكْسَدَةً جزئية . وهاك المعادلة :

٢ يد$_2$ كب + ا$_2$ = ٢ يد$_2$ ا + ٢ كب

وبهذه الكيفية تستخلص الآن مقادير عظيمة من الكبريت . أما الأيدروچين المكبرت فانه يستخلص من المركبات الثانوية التى تتكوّن أثناء صناعة "رماد الصودا" (كربونات الصديوم) من ملح الطعام

«صفات الكبريت» — الكبريت جسم أصفر اللون هش سريع الالتهاب يحترق فى الهواء بلهب مائل الى الزرقة ويُكوّن الغاز الخانق المسمى "ثانى أكسيد الكبريت" أى كب ا$_2$ وفى الوقت ذاته يتكوّن مقدار صغير من "ثالث أكسيد الكبريت" أى كب ا$_3$ وباتحاد هذا الأخير مع بخار الماء الذى يوجد دائما فى الهواء يتكوّن الحامض الكبريتيك أى يد$_2$ كب ا$_4$. وللكبريت كالكربون ثلاثة أشكال تختلف خواصها الطبيعية

ومركبات الكبريت غير المتأكسدة والناقصة التأكسد عظيمة الضرر بالنبات ولكن الكبريتات ليس غير ضار فقط بل هو من الضرورة للنبات بمكان . ويدخل الكبريت فى تركيب المواد الزلالية فى الحيوان والنبات . وعند تعفن هذه المواد ينفصل الكبريت منها فى ضمن المركب المسمى بالأيدروچين المكبرت وهو الذى يتميز برائحته الكريهة المؤثرة فى الشم من بين الأجسام الأساسية التى تتكوّن عند فساد زلال البيض

الفسفور — لايوجد الفسفور الا متحدا ومركباته كثيرة الانتشار فى صخور الأرض لاسيما الفسفات غير أن مقاديرها صغيرة . وتوجد فى بعض الجهات رواسب من فسفات الكلسيوم الثلاثى أى كا$_3$ فو$_2$ ا$_8$ وهى مرتفعة

الثمن لاستعمالها فى التسميد . وتحتوى كل الأراضى الخصبة على مقادير صغيرة من الفسفات يستخلصها النبات . فاذا ما تغذى الحيوان بالنبات تجمّع الفسفات فى عظامه وفى أجزائه الصلبة الأخرى كالأسنان والمحار

«استخلاص الفسفور» — فى الحصول على عنصر الفسفور شىء من الصعوبة بسبب ميله الشديد للأكسجين ولكن يمكن استخلاصه بمعالجة الحامض المِتافسفوريك بالكربون فى درجة حرارة مرتفعة والمعادلة الآتية تبين أهم التغيرات الكيميائية التى تحدث أثناء التفاعل :

٤ يد فو ا$_{٣}$ + ١٢ ك = ١٢ ك ا + ٢ يد$_{٢}$ + فو$_{٤}$

«صفات الفسفور» — الفسفور على الحالة التى يستخلص بها عادة جسم مصفر اللون شبيه بشمع العسل اذا عرض للهواء انبعث منه ضوء ضئيل . وهذه الخاصة هى مرجع اسمه المأخوذ عن اللغة اليونانية ومعناه "حامل الضوء"

وسبب انبعاث الضوء التأكسد البطىء . ومع أن الاضاءة تبتدئ فى درجة حرارة منخفضة فان هناك سخونة تنشأ من التأكسد وترفع درجة الحرارة غالبا الى قدر عال (٦٠° مئوية تقريبا) يكفى لاحداث احتراق سريع فيشتعل الفسفور بالفعل . ويحترق الفسفور فى الهواء بضوء أبيض يكاد يخطف الأبصار ويرتفع اذ ذاك خامس أكسيد الفسفور أى فو$_{٢}$ ا$_{٥}$ كالسحاب الكثيف وبذوبان هذا فى الماء يتكوّن الحامض الفسفوريك أى يد$_{٣}$ فو ا$_{٤}$

والفسفور سم ناقع ويستعمل بمقادير وافرة فى صناعة الأعواد الكبريتية وفى بعض الأحيان يتخذ سما للفيران . وتنحصر أهميته العظمى من الوجهة الزراعية فى استعمال بعض مركباته أى الفسفات سمادا وفى علاقته بالمواد الشحمية والزلالية من جسم الحيوان وغذائه

الكلسيوم — يوجد هذا العنصر فى الكون بكثرة ولا يعثر عليه الا متحدا ويوجد كربوناته أى كا ك ا$_{٣}$ بمقادير وافرة جدا فى الطباشير والأحجار الجيرية

والرخام . وكبريتاته الذى على شكل جِص (سِلِنيْت) أى كا كب ا$_{٤}$, ٢ يد$_{٢}$ ا وافر المقدار أيضا

ويدخل سلكات الكلسيوم فى تركيب كثير من المعدنيات . أما الكالسيوم نفسه فهو فلز سهل التأكسد يصعب استخلاصه وأهميته قليلة . وأما أكسيده أى كا ا فهو الجسم المهم المسمى بالجير الحى

والكالسيوم جزء جوهرى فى غذاء النبات ولكن مركباته تقوم فى التربة الأرضية بوظائف أكثر أهمية سنأتى عليها بعد

البوتسيوم — يوجد البوتسيوم فى كثير من المعدنيات وغالب السلكات يحتوى على مقدار صغير أو كبير منه وربما كان جزءًا جوهريا فى بعضها كالأُرْثُكْلاس أى لو$_{٢}$ ا$_{٣}$, بو$_{٢}$ ا , ٦ س ا$_{٢}$ والبَلَق (المَيْكا) أى بو$_{٢}$ ا , ٣ لو$_{٢}$ ا$_{٣}$, ٤ س ا$_{٢}$ ويوجد البوتسيوم أيضا فى مياه البحار ومنها تجمع أعشاب البحر مقادير وافرة من مركباته

ومن الرواسب الملحية فى إستسفرت تُستمدّ كميات عظيمة من البوتسيوم الذى يحتاج اليه فى الصناعة وفى الأسمدة وسنستوعب شرح هذه الرواسب بعد

«استخلاص البوتسيوم» — يمكن استخلاص هذا العنصر بمعالجة كربوناته أو أيدرُكسيده بالكربون فى درجة حرارة عالية جدا

«صفات البوتسيوم» — البوتسيوم معدن لامع براق لين جدا سهل التأكسد الى حد يجب معه ابعاده عن ملامسة الهواء أو الرطوبة . وتستعمل النَّفْتا غالبا لوقايته من ذلك . وبتأثير البوتسيوم فى الماء يتكون ايْدُرُكسيد البوتسيوم وينفصل الأيدروجين . وهاك المعادلة :

بو$_{٢}$ + ٢ يد$_{٢}$ ا = ٢ بو ا يد + يد$_{٢}$

وبسبب ارتفاع درجة الحرارة التى تنشأ من هذا التفاعل ينصهر المعدن ويتشكل بشكل كرة تسبح فوق سطح الماء وتحدث أزيزا ويشتعل الأيدروجين ويصير لهبه بنفسجيا بسبب بخار البوتسيوم

ومركبات البوتسيوم ذات شأن عظيم فى الزراعة وهى أجزاء ضرورية لجميع الأراضى الخصبة . ويظهر أن لها دخلا كبيرا فى نمو النبات وزيادة حجمه . وتوجد منها مقادير وافرة فى العساليج والأوراق الصغيرة وفى الأجزاء النامية الأخرى . والبوتسيوم فى النبات متحد مع حوامض شتى مثل الحامض الأزوتيك والحامض الكلوردريك وفى الغالب يكون متحدا مع حوامض عضوية مثل الحامض الأكسليك أى يد٢ ك٢ ا٤ والحامض الليمونيك (السِتْريك) أى يد٣ ك٦ يد٥ ا٧ والحامض الطرطَرِيك أى يد٢ ك٤ يد٤ ا٦ والحامض الماليك أى يد٢ ك٤ يد٤ ا٥ ويوجد البوتسيوم فى رماد النبات ضمن الكربونات الذى يكوّن الجزء الهام من رماد أغصان الأشجار وأوراقها

وأملاح البوتسيوم سهلة الذوبان فى الماء الا أن بعض الأجزاء المكوّنة للتربة الأرضية يمتصها ويحفظها ولهذا كان فقدانها بواسطة الرشح أمرا لا يخشى منه الا قليلا

الصُّديوم — الصديوم منتشر كثيرا فى الكون ويدخل فى تركيب عدد كبير من السلكات . وأكثر مركباته وجودا الكلورور أى ص كل كالملح الجبلى وكالقسم الأعظم من الأملاح الذائبة فى مياه البحار

ويستخلص الصديوم بمعالجة كربوناته أو أيدرُكْسِيدِه بالكربون أو بتأثير التيار الكهربائى فى ملح الطعام

وخواصه تشابه خواص البوتسيوم . ومركباته تستعمل فى الصناعة وطريقة تكوين كربوناته من أكبر الصناعات الكيميائية وأهمها

ويوجد الصديوم فى غالب النباتات ولكنه على مايظهر ليس ضروريا للنمو الا فى بعض الأنواع

ومن الفروق العجيبة بين مركبات الصديوم ومركبات البوتسيوم المتشابهة كثيرا فى الخواص ان أملاح البوتسيوم ، حينما تكون ذائبة فى الماء ، تمتصها

الأجزاء الطينية والمواد العضوية التى تشتمل عليها تربة الأرض وتحفظها فى شكل مركبات غير قابلة للذوبان ولكن أملاح الصديوم سهلة الازالة بواسطة الماء الذى ينقلها الى المصارف

المجنزيوم — يوجد هذا العنصر فى أنحاء كثيرة من الكون ضمن كربوناته وسِلِكاته . وهو فى ذاته فلز له لمعان الفضة خفيف جدا قابل للاحتراق فى الهواء وفى الأكسجين مع ضوء أبيض شديد البريق يكاد يخطف الأبصار ومركباته الأكثر استعمالا فى الصناعة هى المَجْنِزْيا (أكسيد المجنزيوم) أى ما ا وكربونات المجنزيوم أى ما ك ا٣ وكبريتات المجنزيوم (مِلح إبْسم أو الملح الانجليزى) أى ما كب ا٤ , ٧ يد٢ ا

ويوجد المجنزيوم فى رماد النبات ويظهر أنه ضرورى ولكن لندرة وجود تربة مفتقرة اليه كانت أهميته العملية قليلة من الوجهة الزراعية

الحديد — يدخل الحديد فى تركيب عدد عظيم من الأجسام . والمعدنيات الآتية كثيرة فى الكون ولها قيمة عظيمة بسبب اشتمالها على الحديد وهى :

الْهِيمَتِيْت أى ح٢ ا٣ والمجنتِيت (الحجر المغناطيسى) أى ح٣ ا٤ ومعدن الحديد الأسباثى أى ح ك ا٣

ولعنصر الحديد حالتان من وجهة التأكسد : حالة الحديدوز وهى التى يكون الحديد فيها ثنائى القوة الذرية . وحالة الحديديك وهى التى يكون فيها ثلاثى القوّة الذرية . ويكوّن الحديد فى الحالة الأولى أملاحا بيضاء أو خضراء وفى الحالة الثانية أملاحا حمراء أو صفراء . وتوجد مركبات الحديدوز غالبا فى الصخور أو المعدنيات على أعماق بعيدة فى الأرض ولكنها تتحد عند اخراجها الى السطح مع أكسجين الهواء فتتحوّل الى مركبات الحديديك . وتغير الحديد من حالة الى أخرى يظهر من تغير لون الصخور والمعدنيات ويكون هذا فى الغالب من اللون الأخضر أو الأشهب (الرمادى) الى الأحمر أو الأصفر

وتشتمل التربة الجيدة على مركبات الحديديك دون مركبات الحديدوز والحديد ضرورى للنبات ولكن المقدار الذى يحتاج اليه منه قليل . وجل البقاع الزراعية يحتوى على أكثر من القدر الضرورى

الكلور — هذا العنصر كثير الوجود فى الكون خصوصا اذا كان متحدا مع الصديوم كالملح الجبلى الذائب فى مياه البحار والعيون . وله مركبات أخرى فى شكل معدنيات

«استخلاص الكلور» — يستخلص الكلور عادة بأكسدة الحامض الكلوردريك أى يد كل فيكوّن الأيدروچين ماء باتحاده مع الأكسچين وينفصل الكلور

ويمكن استعمال كثير من الأجسام لاحداث هذا التأكسد ولكن أكثرها استعمالا أكسيد المنجنيز الأسود (ثانى أكسيد المنجنيز) أى م ا$_2$ فانه اذا سخن مقدار منه مع الحامض الكلوردريك المتداول ينفصل نحو نصف الكلور الداخل فى تركيب الحامض . ولكون هذا الغاز يزن مقدار حجمه من الهواء مرتين ونصفا تقريبا يمكن جمعه بتوصيله الى قاع إناء فوهته إلى أعلى . وهاك المعادلة :

$$\text{م ا}_2 + ٤\ \text{يد كل} = \text{م كل}_2 + \text{كل}_2 + ٢\ \text{يد}_2\text{ا}$$

أوصاف الكلور — الكلور غاز أخضر ضارب الى الصفرة ذو رائحة خانقة مهيجة للأغشية وهو سهل الذوبان فى الماء وفيه نشاط كيميائى عظيم ، اذ أنه يتحد بسهولة مع غالب الفلزات ويظهر ميلا شديدا جدا للاتحاد بالأيدروچين ويمكن تحويل الكلور الى سائل بواسطة الضغط والتبريد

وخواص الكلور ذات القيمة العظمى فى الصناعة هى :

تنصيله الألوان (إزالتها) وتطهيره الأشياء من المكروبات وازالته رائحة الأجسام

تنصيل الكلور الألوان — الكلور يمحو معظم المواد العضوية الملونة بسهولة . ولهذا يستعمل بكثرة فى تنصيل المنسوجات النباتية كالقطنية والكتانية

ولكن لا يمكن استعماله فى تنصيل المصنوعات الصوفية أو الحريرية ، لأنه يضر بالألياف . ولا ينصل الكلور اللون الا عند وجود الماء . وعمله فى الحقيقة من قبيل الأكسدة . والكلور ذاته لا يحلل الماء إلا عند وجود ضوء قوى (ضوء الشمس) وتنصيله الألوان ناشئ من أمرين : أولهما شغفه بالاتحاد مع الايدروچين ، وثانيهما ميل المادة العضوية الملونة الى الاتحاد مع الأكسچين . فيحدث من ذلك تحلل الماء ، وتتكون مادة عضوية متأكسدة لا لون لها فى الغالب كما يتكوّن الحامض الكلوردريك

وعمل الكلور فى التطهير من قبل هذا التأثير على ما يظن . فيتحد أكسچين الماء مع المادة العضوية والمكروبات فيهلكها

السلسيوم (السِلِّكُون) — هذا العنصر كثير الوجود جدا فى صخور القشرة الأرضية . ومع أنه موجود فى رماد كثير من أنواع النبات ، وعلى الرغم من أن له دخلا كبيرا فى تركيب التربة الأرضية ، يظهر أنه ليس ضروريا فى غذاء النبات

وقد ظهر للعيان حديثا أن وجود السلكا القابل للذوبان فى التربة الأرضية يكسب النبات قدرة على المعيشة ، اذا كان مقدار الحامض الفسفوريك فى التربة أقل من القدر الضرورى لحياته فى حالة عدم وجود السلكا

أما العنصر ذاته فقليل الأهمية . ويمكن استخلاصه من السلكا أى س ا$_2$ بتأثير جسم شديد الميل للأكسچين . وأليق واسطة لهذا الاختزال الفلزات القلوية مثل البوتسيوم والصديوم ومسحوق المجنزيوم

والسلسيوم جسم صلب أسفع (بُنِّى اللون) ذو أشكال مختلفة كالكربون والكبريت ويكثر وجود أكسيده أى السلكا فى الكون منفردا أو داخلا فى تركيب أجسام أخرى . أما فى حالة الانفراد فنجد منه الأشكال الثلاثة الآتية : الكُوَرْتز والصوّان والرمل . وأما فى حالة التركب فنجده فى طائفة من المعدنيات كثيرة العدد عظيمة النفع تسمى السلكات . ويقدر السلكا بنحو نصف المادة الصلبة للقشرة الأرضية

الباب الثانى فى الهواء الجوّى

صفاته الطبيعية — يعيش غالب النباتات والحيوانات الأرضية محاطا بالهواء . ويتوقف كثير من التقلبات الضرورية للحياة مباشرة على تغيرات كيميائية لأجزاء الهواء دخل فيها . وللهواء أيضا عمل كبير فى تكوين الأراضى وفى التغيرات التى تحصل لأجزائها . ومن ذلك يرى أنه من الضرورى أن يكون الطالب على علم بخواص الهواء الجوى وتركبه حتى يتسنى له أن يفهم كنه الظواهر الكيميائية التى لهــا دخل فى حياة النبات والحيوان وفى نمو كل منهما

يتبادر للأذهان أن الجو الذى بين السماء والأرض فارغ لأن الهواء الذى يشغله فى الحقيقة لاتدركه الأبصار ولا يعوق كثيرا من الأجسام عن الحركة ولذا يسبق الى الوهم أنه ليس بجسم . غير أنا نعلم حق العلم أننا اذا حركنا جسما ذا سطح كبير حركة سريعة ، نحس بمقاومة عظيمة للحركة وهذا يثبت أن الهواء جسم من الأجسام . وفضلا عن هذا فاننا اذا نكسنا اناء ترسيب أو كوبا مثلا وغمرنا فمــه فى المــاء نشاهد أن المــاء يدخل الى حد معين ثم يقف بسبب ضغط الهواء داخل الكوب . وكثير من الظواهر البسيطة عدا ما تقدم ذكره يثبت أن الهواء جسم

ومن السهل جدا أيضا أن نثبت أن للهواء وزنا . وطريقة ذلك أن نأخذ دورقا كروى الشكل ذا سداد من الصمغ المرن تخرج منه أنبوبة قصيرة من الزجاج قد ألبس طرفها فى أخرى من الصمغ المرن لها مِحبَس يتيسر بواســطته فتحها واقفالها ، وبذلك يمكننا أن نستخرج جزءًا عظيما من هواء الدورق ، إما بواسطة مِمص هوائى أو بواســطة وضع مقدار صغير من المــاء فى الدورق وتسخينه الى درجة الغليان ، مع فتح الأنبوبة الصمغية فيطرد بخــار المــاء الهواء من الدورق . فاذا أغلقنا الأنبوبة بواسطة المحبس وأبعدنا الدورق عن النار تكاثف

بخار المــاء بالتدريج . ومتى برد الدورق تمــاما أمكننا أن نزنه بالدقة . ثم اذا فتحنا الأنبوبة لحظة دخل الهواء الى الدورق ليحل محل البخار الذى تكاثف وسمع له صوت أثناء ذلك . وبوزن الدورق مرة أخرى نرى أن وزنه زاد وليست هــذه الزيادة الا وزن الهواء الذى دخل الدورق . وبهذه الطريقة يمكننا أن نبين أن اللتر من الهــواء فى الأحوال المعتادة يزن ١ ¼ جرام أى أن ١٠٠٠ قدم مكعب تزن نحو ٨٠ رطلا انجليزيا

ويندفع الهواء الى سطح الأرض بسبب ثقله . وأجزاؤه القريبة من السطح مضــغوطة بثقل الهواء الذى من فوق . ومن هذا نرى أن كل الأجســام التى على الأرض معرّضــة لضغط الهواء من فوقها ومن جوانبها . لأن الهواء كباقى الأجسام السيالة ينقل الضغط الى كل الجهات . وهذا الضغط شديد فانه فى مستوى سطح البحر يبلغ على المتوسط نحو ١٠٣٣ جراما لكل سنتيمتر مربع . وهذا الضغط يبين وزن الهواء مباشرة . فكل متر مربع من السطح فى مستوى البحر يحمل ١٠٣٣٠ كيلوجراما من الهواء أى أن وزن الهواء فوق الفدان المصرى نحو ٤٢٧١١ طنا

البارومتر أو مقياس ضغط الهواء — يقاس ضغط الهواء بواسطة أداة تسمى مقياس ضغط الهواء . وأبسط أشكاله أنبوبة من الزجاج ، يفضل أن يكون تجويفها واسعا شيئا مّا ، ويتراوح طولها بين ٨١ و ٨٤ سنتيمترا . وأحد طرفيها ملحوم والآخر مفتوح وقد أفعمت بالزئبق ثم نكست فى اناء فيه زئبق أيضا . فعند ذلك يهبط الزئبق فى الأنبوبة نحو ٦ سنتيمترات ثم يستقر ويكون سطحه الأعلى مرتفعا عن سطح زئبق الاناء بنحو ٧٦ سنتيمترا . وانمــا يحصل هذا التوازن اذا كان وزن عمود الزئبــق مساويا لوزن عمود من الهواء مَقْطَعه يساوى مَقْطَع عمود الزئبق وقاعدته على سطح الزئبق فى الاناء ويمتدّ فى ارتفاعه الى أقصى حدّ للهواء الجوّى . وهذا البارومتر على بساطته أحسن البارومترات وأضبطها متى كانت الطريقة التى تستعمل لقياس البعد الرأسى بين سطحى الزئبق فى الأنبوبة والاناء دقيقة

ومن أنواع البارومترات "الزجاجة الجوية" المعتادة التى تسمى أيضا "البارومتر ذى العجلة" وهى وان أمكن جعلها حساسة ، أى صالحة لأن تبين أقل تغير فى الضغط ، ليست من الدقة فى شىء

ومنها أيضا "البارومتر المُفْرَغ" وهو عبارة عن صندوق من الصلب قد أفرغ من الهواء تماما فبواسطة ضغط الهواء ينخفض وجه الصندوق قليلا أو كثيرا على حسب قوة الضغط بسبب مرونة الصلب وتنتقل هذه الحركة بواسطة سلسلة مثبتة فى وسط وجه الصندوق الى عقرب يدور فى وجه ساعة وتنظم حركة العقرب بواسطة ألوَى دقيق (زنبلك) . وبهذه الكيفية تظهر الحركة الصغيرة لوجه الصندوق واضحة

ولما كان ارتفاع البارومتر مقياسا للضغط وكان هذا تابعا لثقل الهواء العلوى كان من البين أن ضغط الهواء ينقص كلما زاد العلو عن مستوى سطح البحر ويتبعه فى النقصان ارتفاع البارومتر

ومن هنا يظهر أن من الممكن قياس ارتفاع الأماكن عن مستوى سطح البحر بواسطة البارومتر . ولكن ارتباط الفرق بين الارتفاعين الرأسيين لمكانين عن مستوى سطح البحر بالفرق بين ارتفاعَىْ عمود البارومتر فى هذين المكانين تابع لعدّة أمور . وعلى سبيل التقريب نجد أنه فى الأماكن التى يقرب ارتفاعها من مستوى سطح البحر كلما صعدنا ٢٧٤ مترا انخفض البارومتر ٢٫٥ سنتيمتر ولكن بعد علو قدره ١٥٢٤ مترا عن مستوى سطح البحر كلما صعدنا ٣٣٥ مترا انخفض البارومتر ٢٫٥ سنتيمتر

ويتغير حجم الهواء كباقى الغازات بتغير الضغط أو درجة الحرارة

فاذا كانت درجة الحرارة ثابتة كان حجم أى مقدار من الغاز مناسبا عكسيا للضغط . وقد اكتشف بُويل هذا الارتباط فى سنة ١٦٦١ وهو ارتباط يكاد يكون حقيقيا بالنسبة لجميع الغازات اذا كان اختلاف الضغط قليلا

واذا كان الضغط ثابتا كان حجم الغاز مناسبا طرديا لدرجة الحرارة مبتدئة من الصفر المطلق الذى يظهر أنه عند حدّ يساوى ٢٧٣° مئوية أو ٤٩١° فرنهيتية تحت درجة ذوبان الثلج أى — ٢٧٣° م أو — ٤٥٩° ف وبواسطة استعمال هذين القانونين العامين أصبح من السهل حساب الحجم الذى يشغله مقدار معين من أى غاز فى درجة حرارة معلومة وتحت ضغط معين ، متى علم حجمه فى درجة أخرى وتحت ضغط آخر . فاذا فرضنا أن حجم مقدار من أى غاز ١٠٠٠ سنتيمتر مكعب وهو فى درجة حرارة قدرها ١٥° م وتحت ضغط قدره ٧٤٠ مليمترا من الزئبق ، أمكننا أن نعين الحجم الذى يشغله المقدار عينه فى درجة حرارة قدرها ٢٠° م وتحت الضغط ٧٦٠ مليمترا . وذلك بأن نعتبر :

أولا — تأثير تغير درجة الحرارة ، فنجد أن درجة الحرارة المطلقة التى تقابل ١٥° م هى ٢٧٣ + ١٥ = ٢٨٨° م وأن الدرجة المطلقة التى تقابل ٢٠° م هى ٢٧٣ + ٢٠ = ٢٩٣° م وقد علمنا أن الحجم مناسب طرديا لدرجة الحرارة المطلقة . فبناء على ذلك يكون الحجم $١٠٠٠ \times \frac{٢٩٣}{٢٨٨}$ اذا كان الضغط ثابتا .

ثانيا — تأثير الضغط ، فنجد أنه يتغير من ٧٤٠ الى ٧٦٠ مليمترا ومن ذلك نرى أن الحجم ينقص ويصير $١٠٠٠ \times \frac{٢٩٣}{٢٨٨} \times \frac{٧٤٠}{٧٦٠} = ١٠٠٤٫٣$ سنتيمترات مكعبة

تركيب الهواء من الوجهة الكيميائية — الهواء عبارة عن مخلوط آلِىّ مكون من غازات عدة ، منها ماهو موجود دائما وان اختلفت كميته ومنها ما يكاد يكون غير موجود أحيانا . والغازات الرئيسية هى :

الأزوت	بخار الماء
الأكسجين	غاز النشادر (الأمُنيا)
الأرْجُون	الحامض الأزوتيك أو أكاسيد الأزوت
ثانى أكسيد الكربون	الأُزُون

الأزوت — هو أكثر أجزاء الهواء كمية وأقلها اختلافا فى المقدار ويحتوى الهواء الجاف منه على نحو ٧٨ ./ بالحجم أو ٧٥٫٥ ./ بالوزن ومع أنه كثير الى هذا الحد ليس له الا ارتباط ضعيف جدا بالتغيرات التى تحدث فى الهواء . وفى الحقيقة يمكننا أن نقول أن وظيفته الهامة تلطيفه لعمل الأكسجين . وقد ثبت أن بعض المزروعات يتغذى من الأزوت المنفرد الذى فى الهواء بواسطة دَرَنات على جذورها . ومن المظنون أن بعض النباتات الدنيئة ذو قدرة على استعمال الأزوت المنفرد مباشرة ولكن معظم النباتات ليس له ، على مايظهر ، قدرة على استعمال الأزوت الا اذا كان على حالة اتحاد وأفضل حالات الاتحاد الأزوتات

الأكسجين — هو الجزء الأكثر تأثيرا من سائر أجزاء الهواء والظاهر أن مقداره فيه أكثر تغيرا . ويحتوى الهواء الجاف منه فى المتوسط على ٢١ ./ بالحجم أو ٢٣٫٢ ./ بالوزن . وبسبب عمليات التأكسد الكثيرة العدد التى تحصل فى الهواء ، نجد أن مقدار الأكسجين عرضة للاختلاف فى بعض الأماكن ولكن هذا الاختلاف ليس بالعظيم الى الدرجة التى تنتظر من هذا التأكسد الكثير . وذلك بسبب تأثير الانتشار والتيارات الهوائية والرياح والأعمال المعوضة لهذا الفقد التى تقوم بها النباتات الخضراء . وعلى العموم نجد أن مقدار الأكسجين فى المدائن وفوق المستنقعات أقل بمقدار قليل منه فى الفضاء المطلق أو فوق البحر . ولا يختلف مقدار الأكسجين فى الفضاء كثيرا اذ أنه يتراوح بين ٢٠٫٥ و ٢١٫٠٣ ./ مقدّرا بالحجم

الأرْجُون — هو جسم عرف حديثا وهو قليل الأهمية من الوجهة الزراعية ومن أى وجهة عملية . وهو غاز أثقل من الأيدروجين بنحو ١٩٫٩ مرة ومن صفاته المميزة له الخمول ، فانه لا يدخل فى أى تفاعل كيميائى على ما نعلم ويظهر أنه غير قادر على الاتحاد مع العناصر الأخرى ، بل ذراته نفسها لا يتحد بعضها مع بعض . ولذلك تختلف جزيئاته عن جزيئات غالب الغازات بأنها مركبة من ذرة واحدة . ومقداره فى الهواء نحو ٠٫٩٤ ./ بالحجم أو ١٫٣ ./ بالوزن

والعناصر التى عرفت حديثا أيضا فى الهواء هى : الهِلْيُوم والنِّيُون والإِكْرِبْتُون والزِّينُون ومقاديرها متناهية فى الصغر ولا دخل لها فى التغيرات الكيميائية على مانعلم من أمرها

ثانى أكسيد الكربون — كميته فى الهواء صغيرة ولكنه من الأهمية بمكان . ومقاديره المئوية مختلفة تزيد باحتراق المواد العضوية وتعفنها وبالتنفس . وتقدر كميته فى الهواء على وجه العموم بنحو ٠٫٠٣ ./ بالحجم ولكن يظهر من الأبحاث الحديثة أن كميته أقل من ذلك بشئ يسير . ومقاديره فى البر أكثر فى الليل منها فى النهار . ولا يظهر هذا الاختلاف اليومى فوق البحار . وهناك أسباب كثيرة تنشأ منها زيادة مقدار ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الجوى أهمها ما يأتى :

(١) خروج هذا الغاز من البراكين والعيون العميقة وغير ذلك من المصادر الأرضية

(٢) تأكسد المادة الكربونية مثل احتراق أغلب مواد الوقود و تعفن المواد الحيوانية والنباتية وتنفس الحيوان والنبات

(٣) تحلل الكربونات بالحرارة كما يحدث عند احتراق الحجر الجيرى وهاك المعادلة :

كا ك ا٣ = كا ا + ك ا٢

وأعظم عملية ينقص بها مقدار هذا الغاز فى الهواء تحليل الأجزاء النباتية الخضراء له بواسطة تأثير ضوء الشمس . فبهذه العملية يستبقى النبات الكربون ويحوله الى مركبات عضوية معقّدة التركيب مختلفة النوع يستعملها فى تكوين أغشيته المتنوعة ويعود الأكسجين منفردا الى الهواء الجوى . ومقادير ثانى أكسيد الكربون التى تنتزع من الهواء بواسطة النباتات عظيمة جدا . ويمكننا أن نتصور عظم هذه المقادير بعض التصور ، اذا تذكرنا أن نحو نصف المادة الجافة فى غالب أنواع النبات مكوّن من الكربون وأن الكربون كله مأخوذ من الهواء . ولذا نجد أن المحصول المتوسط لفدان زُرِع فيه بنجر الحقل (المَنْجُلْد)

يستخلص من الهواء قبل أن يتم نضجه نحو ٣٦٧٥ رطلا مصريا من الكربون وهو يقابل مقدار ثانى أكسيد الكربون الموجود فى طبقة من الهواء سمكها ٦٠ مترا وتمتد فوق ١٧٣ فدانا مصريا تقريبا . وتأثير عمليتى تأكسد المركبات الكربونية وتحلل ثانى أكسيد الكربون بواسطة النبات فى مقدار ثانى أكسيد الكربون الذى فى الهواء مستمرلا ينقطع . ونتيجة احدى العمليتين تعادل نتيجة الأخرى على وجه التقريب

غاز النشادر والحامض الأزوتيك أو بعض أكاسيد الأزوت

توجد هذه غالبا فى الهواء ولكن مقاديرها فى نهاية الصغر . وقد قدّر بعض الباحثين غاز النشادر قرب باريس فى المتوسط بنحو ١,٧ ملجرام فى كل ١٠٠ متر مكعب فى فصل الشتاء وبنحو ٢,١ ملجرام فى كل ١٠٠ متر مكعب فى فصل الصيف . ووجد آخرون أن مقدار هذا الغاز فى يونيه ثلاثة أمثاله فى فبراير

ويغلب على الظن أن الحامض الأزوتيك يوجد فى الهواء ضمن أزوتات النشادر . ومن المحتمل أن جزءًا من الجسم الذى ظُنَّ أنه الحامض الأزوتيك ليس فى الحقيقة الا الحامض الأزوتوز ضمن أزوتيت النشادر . ومنبع غاز النشادر على الأرجح تعفن المواد العضوية الأزوتية ويدل على هذا أن مقدار الغاز بالقرب من المدائن أكثر منه فى الخلاء

ومقادير هذه الأجسام صغيرة جدا فى الهواء ، حتى انه يصعب كثيرا تقديرها ولكونها سهلة الذوب فى الماء ينتزع المطر جلها من الهواء ، فتصير بذلك مقاديرها النسبية فى المطر أكثر منها فى الهواء الجوى . ومن هذا نرى أن تحليل ماء المطر على جانب عظيم من خطارة الشأن فى تعيين مقادير هذه وغيرها من المركبات المنتشرة فى الهواء

وقد نشرت عدة نتائج لتحليل مياه الأمطار من أشهرها تحليل أنْجَس إسْمِث فى سنة ١٨٧٢ ومنه اقتبسنا ماسنذكره فى الجدول الآتى الذى تدل أرقامه على أجزاء فى المليون من ماء المطر :

اسم الجهة التى جمع مطرها	الحامض الكلوردريك	الحامض الكبريتيك	نسبة يد٢ كب أ٤ الى ١٠٠ يد كل	الحامض المفرد محسوبا كأنه يد٢ كب أ٤	النشادر	النشادر العضوى	الحامض الأزوتيك	الأكسيجين اللازم محسوبا كأنه ثانى المنجنات
إرلندا — فلنشا	٤٨,٦٧	٢,٧٣	٦	—	٠,١٨	٠,٠٣	٠,٣٧	٠,٠٦
إسكتلندا — ٨ أماكن على الشاطئ	١٢,٩١	٧,٦٦	٥٩	٢,٤٤	٠,٩٩	٠,١١	٠,٤٧	٠,٦٥
« — ١٢ موضعا فى البر	٣,٣٨	٢,٠٦	٦١	٠,٣١	٠,٥٣	٠,٠٤	٠,٣١	٠,٢٦
إنجلترا — ١٢ موضعا فى البر	٣,٩٩	٥,٥٢	١٣٨	—	١,٠٧	٠,١١	٠,٧٥	٠,٤٧
إسكتلندا — ٦ مدائن	٥,٨٦	١٦,٥٠	٢٨٢	٣,١٦	٣,٨٢	٠,٢١	١,١٦	١,٨٦
« — جلسجو	٨,٩٧	٧٠,١٩	٧٨٢	١٥,١٣	٩,١٠	٠,٣٠	٢,٤٤	١٠,٠٤
إنجلترا — ٦ مدائن	٨,٧٠	٣٤,٢٧	٣٩٤	٨,٤٠	٤,٩٩	٠,٢١	٠,٨٥	٢,٧٤
« — لندن	١,٢٥	٢٠,٤٩	١٦٤٥	٣,١٠	٣,٤٥	٠,٢١	٠,٨٤	—
« — منشستر	٥,٨٣	٤٤,٨٢	٧٦٨	١٠,١٧	٥,٩٦	٠,٢٥	١,٠١	٣,٢٢

وقد أظهرت التجارب التى عملت فى رُتَمْسْتِد سنة ١٨٨٠ — ١٨٨٩ أن فى كل مليون جزء من المطر متوسطا قدره ٠,٤٢٦ من الجزء من الأزوت فى ضمن غاز النشادر و ٠,١٣٩ من الجزء فى ضمن الأزوتات . فاذا اعتبرنا أن متوسط مايسقط من المطر سنويا فى اقليم ٧٤,٣٥ سنتيمترا ، كان مجموع الأزوت الذى تجلبه مياه الأمطار لكل فدان مصرى من ذلك الأقليم ٢,٩٥٨ رطل مصرى فى ضمن غاز النشادر و ٠,٩٦١ رطل فى ضمن الأزوتات . ويجب أن نضم الى هذه المقادير نحو ٠,٨٣ رطل من الأزوت الموجود فى ضمن المواد العضوية وبهذا يصل المجموع الكلى للأزوت الى نحو ٤,٧٥ رطل لكل فدان مصرى فى العام

وقد أظهرت الأبحاث التى أجريت فى سبعة أماكن من أوربا بين سنة ١٨٦٤ وسنة ١٨٧٢ أن فى كل مليون جزء من مياه الأمطار متوسطا قدره ٠,٤٧ من الجزء من الأزوت الداخل فى الحامض الأزوتيك و ١,٢٦ من الجزء فى ضمن غاز النشادر وهذا يقابل مجموعا قدره ١٠,٦٧ رطل من الأزوت المتحد لكل فدان مصرى فى السنة . وهذه الأرقام أعلى من أرقام التجارب التى أجريت فى انجلترا والغالب أن سبب هذا اجراء بعض التجارب الأوربية داخل المدن أو بالقرب منها

وفى الأقطار الحارة نجد أن المقادير على العموم أعظم بكثير . ففى برِيتُوريا من أول يوليه سنة ١٩٠٤ الى ٣٠ يونيه سنة ١٩٠٥ وجدتُّ أن فى كل مليون جزء من مياه الأمطار متوسطا قدره ١,١٩٤ جزء من الأزوت الداخل فى غاز النشادر و ٠,١٩٦ من الجزء فى ضمن الحامض الأزوتيك وهو يعادل ٨,٠٤ رطل من الأزوت المتحد لكل فدان مصرى فى العام باعتبار أن مقدار الأمطار الساقطة ٦١,٧٥ سنتيمتر

ومما هو جدير بالملاحظة أن هذا القدر من الأزوت ينزل على الأرض فى بلاد الترنسفال أثناء فصل النمو العظيم أى فصل الصيف من سبتمبر الى أبريل وذلك لأن أشهر الشتاء هناك تكاد تكون بلا مطر

ولأزوت الهواء المتحد الموجود فى ماء المطر أهمية كبرى للنبات . والمقدار الذى ذكرناه من قبلُ نتيجةً لتجارب رُتَمِستد ، أعنى ٤,٧٥ رطل من الأزوت المتحد لكل فدان فى العام ، يعادل نحو ٢٨,٨٤ رطل مصرى من أزوتات الصودا كما أن المقدار الذى ذكرناه بالنسبة لبِريتوريا يقابل ٤٨,٨ رطل من أزوتات الصودا أو نحو ٣٨ رطلا من كبريتات النشادر

الأزون — هو صنف فعال من الأكسجين يتكون من تأثير الشرر الكهربائى فى الأكسجين المعتاد خصوصا اذا كان الشرر من النوع الصامت كما يتكون من التأثير البطىء الذى يحدثه بعض الأجسام القابلة للتأكسد فى الأكسجين أو الهواء كالفسفور

والأزون غاز ذو رائحة غريبة وله قدرة على أكسدة معظم المواد العضوية وكثير من المعادن . وكون وجوده فى الهواء يعود بالنفع على من يتنفسه أمر مشكوك فيه ولكن وجوده دليل على أن الهواء خال من المواد الكربونية القابلة للتأكسد ، ومن المحتمل أن وجوده يدل أيضا على خلو الهواء من الجراثيم ومقادير هذا الغاز فى الهواء مختلفة جدا لكنها صغيرة دائما ويندر وجوده فى المدائن أو فوق المستنقعات . وهو أكثر وجودا فى أوربا أثناء شهرى مايو ويونيه خصوصا عقب الزوابع أو الرعد الشديد البرق . وبجانب الأجسام التى تقدم ذكرها يوجد فى الهواء أجسام أخرى على سبيل الاتفاق . فبالقرب من المدن أو فى أى مكان يحترق فيه الفحم الحجرى نجد أن الهواء يشتمل على ثانى أكسيد الكبريت الذى يتحول بالتأكسد الى الحامض الكبريتيك . ولهذا نرى أن مياه الأمطار التى تسقط فى المدن بينة الحموضة وهذا هو السبب الأكبر فى صعوبة انماء النباتات فى تلك الأماكن لا سيما الحشائش

ويحتوى الهواء أيضا على ضروب شتى من الأجسام سابحة فيه فمن ذلك الجزيئات الوافرة التى يتكون جلها من ملح الطعام أى ص كل وهذه تنشأ

من القطرات التى تقذفها أمواج البحر المتلاطمة فتصعد فى الهواء على حالة رشاش دقيق يتحول الى بخار فيترك هباء منثورا فى الجو من كلورور الصديوم تحمله الرياح الى أماكن شاسعة . وهذا هو منبع أنواع الكلورور التى توجد فى مياه الأمطار . ومقاديرها أكثر فى الأماكن المجاورة لسواحل البحار ، ولكنا نجد أيضا أن مياه الأمطار داخل القارات على مسافة بعيدة من البحر تحتوى فى الغالب على كميات عظيمة من أنواع الكلورور

وبجانب هذه المواد الجمادية الصلبة يحتوى الهواء عادة على بعض الجراثيم أو بويضاتها وهذه أكثر وجودا فى هواء المدن أو المواضع التى تتعفن فيها المواد العضوية . ويندر جدا وجودها فوق قمم الجبال

ووجود هذه الجراثيم فى الهواء كبير الأهمية إذ منها ينشأ كثير من الأمراض وكثير من أنواع التعفن والتخمر . ولها شأن عظيم فى معامل اللبن وفى التخمرات التى تحدث فى معامل الجعة (البيرة) وفى صنع النبيذ والمواد الروحية على العموم وفى حفظ جميع أنواع المواد العضوية

الباب الثالث فى تربة الأرض

التربة الأرضية هى تلك الطبقة المتكونة من فتات الصخور وبقايا النبات والحيوان . وتغطى جزءًا كبيرا من البرّ وتحتوى أيضا على كائنات حية مختلفة الأنواع وعلى مقادير مختلفة من الماء والهواء

ويختلف عمق التربة كثيرا ويتراوح فى الغالب بين ١٥ و ٣٠ سنتيمترا وقد يصل فى بعض الأحيان الى أضعاف هذا المقدار . وتحت هذه التربة العليا نجد التربة السفلى التى تختلف عن العليا فى أن درجة التأكسد التى وصلت اليها والمادة العضوية التى تشتمل عليها أقل . وفى كثير من الأحيان نرى الحد الفاصل بين التربتين واضحا جدا . وهذا مسبب فى الغالب عن اختلاف لونيهما . فلون التربة السفلى على العموم أضعف من لون العليا

ولما كان الجزء الأعظم من التربة مكونا من فتات الصخور كانت خواصها الكيميائية تابعة على الأكثر لطبيعة الصخور التى تحتها

وتنقسم الصخور فى عرف علماء الجيُولُوجيا باعتبار منشئها الى ثلاثة أنواع :

(١) الصخور النارية — وهى التى تكوّنت من مادة انصهرت انصهارا عظيما ثم بردت فجمدت

(٢) الصخور الرسوبية — وهى التى تكوّنت من رسوب المواد السابحة فى الماء أو الذائبة فيه فى بعض الأحوال (+)

(٣) الصخور المتغيرة — وهى التى تغيرت طبيعتها تغيرا جوهريا بعد رسوبها

ومن النادر أن تكون الصخور "متجانسة" أى جميع أجزائها متماثلة فى التركيب وهى فى الغالب مكونة من أجزاء مختلفة اختلط بعضها ببعض . وترى فى كثير

(+) أى ولم يعترها تغير بعد تكونها — المترجم

من الأحيان على شكل بلورات متجاورة . وتسمى هـذه الأجسام المكوّنة للصخور والتى لجزيئاتها تركيبٌ محدود وكُنْهٌ معين تقريبا بالمعدنيات أو الجواهر الأرضية ويتميز بعضها عن بعض تماما فى الصخور النارية على الأكثر

المعدنيات والصخور

المعدنيات الآتية كثيرة الوجود ولها شأن عظيم فى الزراعة :

الكُورْتز (+) — هو من الوجهة الكيميائية عبارة عن أكسيد السلسيوم أى س ا٢ ويقدر بنحو ٣٥ فى المائة من القشرة الأرضية الصلبة . وهو من أكثر الأجسام صلابة وأبقاها لكونه غير قابل للذوبان فى المــاء تقريبا ولكونه قليل التأثر بالتغيرات الجوية . لكن غيره من باقى أجزاء الصخور يتأثر فى الغالب بالمؤثرات الجوية وبذلك تتفكك بلورات الكُورَتز وتنقلها المياه الجارية . وتبلى قليلا بسبب احتكاك بعضها ببعض فيستدير شكلها ومنها يتكون الجزء الأعظم من الأرض فى كثير من الأحوال غير أنها خالية من أغذية النبات

الصخر المُحَبَّب أو الفلسبار — هو على الأرجح أكثر المعدنيات وجودا فانه يكون نحو ٤٨ فى المــائة من القشرة الأرضـية . وهو سلكات مزدوج مركب كيميائيا من سلكات الأليومنا والبوتسا أو سلكات الأليومنا والصودا أو سلكات الأليومنا والجير وأنواعه الرئيسية هى :

(١) الأرثكلاس أى بو٢ ا , لو٢ ا٣ , ٦ س ا٢
(٢) الألبيْت أى ص٢ ا , لو٢ ا٣ , ٦ س ا٢
(٣) اللبردريْت أى (ص٢ , كا) ا , لو٢ ا٣ , ٣ س ا٢

والأرثكلاس أو فلسبار البوتسا أكثر هـذه الأنواع أهمية وهو معدنىٌّ (جوهر) صلب لونه فى الغالب أشكل (وردى) أو أخضر وفى بعض الأحيان

(+) يعرف المتبلور منه ببلور الصخور أو حجر البلور — المترجم

أبيض ويؤثر فيه الماء المذيب لثانى أوكسيد الكربون بسهولة على الرغم من صلابته فيذوب جل البوتسا بعد تحوله الى كربونات وسلكات . وما بقى بعد هـذا التحلل هو الطين الصينى (الكالين) وقانونه لو٢ ا٣ , ٢ س ا٢ , ٢ يد٢ ا وغالب ما يوجد من البوتسا فى التربة الأرضية مستمد من الأرثكلاس

البَلَق أو الميْكا — هو أيضا من المعدنيات الكثيرة الوجود ويتميز بكونه عرضة للانشقاق الى صفائح رقيقة مرنة . وأساس تركيبه سلكات الأليومنا والبوتسا أى ٣ لو٢ ا٣ و بو٢ ا و ٤ س ا٢ وان كان الغالب وجود أكسيد الحديديك فيه عوضا عن جزء من الأليومنا ووجود المجنزيا أو الجير أو الصودا عوضا عن جزء من البوتسا . ويتحلل البلق بتأثير الجوّ فيه إلا أن تحلله ليس سهلا مثل تحلل الفلسبار . ومنه تستمد التربة البوتسا والجير والحديد لتكوّن منها غذاء للنبات . ومقداره فى القشرة الأرضية ٨ فى المـائة

سلكات المجنزيا — هـذا المعدنى وافر جدا فى الكون والغالب أن يكون جزء من المجنزيا معوضا بالجير أو أكسيد الحديدوز أو أكسيد المنجنيز ومن أمثلة هذا المَعْدِنِيِّ الطَّلق (التَّلْك) والاسْتِيَتِيْت والقانون المبين لتركيبهما هو ٦ ما ا , ٤ س ا٢ , يد٢ ا والهُرنْبلِند والأوجِيْت وقانونهما (ما, كا, ح, م) ا , س ا٢ . ويوجدان بكثرة أيضا والغالب احتواؤهما على الأليومنا وأكسيد الحديديك . وهذه المعدنيات تتأثر بالهواء والماء بسهولة فتتحول غالبا الى طين ذى لون لامع (بسبب وجود الحديد فيها)

كربونات الكلسيوم — يوجد فى الكون إما متبلورا بأشكال مختلفة كالصنف المعروف بالكَلْسَيْت وهو من المنشورات ذات السطوح المعينة وكالصنف المعروف بالأَرَجُونيْت وهو من المنشورات القائمة . وإما كتلا غير متبلورة كحجر الجير والرخام والطباشير . فهذه الأجسام كلها ليست الا كربونات الكلسيوم أى كا ك ا٣ غير أن المجنزيوم يحل فيه قليلا أو كثيرا محل الكلسيوم

وغالب أشكاله يحتوى على مقدار يستحق الذكر من الحامض الفسفوريك ومع أن كربونات الكلسيوم والمجنزيوم لا يذوب منهما فى الماء النقى الا القليل ، يذوبان بسهولة فى المياه المذيبة لثانى أكسيد الكربون كجميع أنواع المياه الطبيعية . ولذلك تبلى الصخور المحتوية عليهما سريعا متى تعرضت للمؤثرات الجوية . ولكربونات الكلسيوم شأن عظيم فى الأراضى الزراعية فانه يغذى النبات من جهة ويعمل عملا مفيدا فى التغيرات التى تحدث فى تربة الأرض من جهة أخرى

الطين — النقى منه عبارة عن سلكات الأليومنا المائى (الأَيِدرَاتى) أى لو٢ ا٣ , ٢ س ا٢ , ٢ يد٢ ا فهو اذن خال من أغذية النبات . أما الطين المعتاد ففيه زيادة على مافى النقى أكسيد الحديديك والبوتسا وهذا المركب الأخير باق من الفلسبار الذى ينشأ منه غالب أنواع الطين . ومن هذا يتبين أن الطين المعتاد نافع للنبات من جهة أنه يمده بالبوتسا التى هى من أهم المواد المغذية

وخواص الطين الطبيعية عظيمة الشأن وله تأثير كبير فى التربة التى يكون مقداره فيها كثيرا

الصخور — الصخور النارية أقدم الصخور تكوّنا ومن بقاياها تكوّنت الأحجار الرملية والطين المستحجر (الأحجار الطينية) مباشرة والأحجار الجيرية بواسطة الكائنات الحية كما سيأتى . ولنشرح كلا من هذه :

الأحجار الرملية والحَصَوِيّة — تتركب هذه من شظايا كبيرة الحجم نوعا مّا قد انفصلت من الصخور النارية كالجرانيت بتأثير البِلَى فيها . و بسبب كبر حجم هذه الشظايا وثقلها رسبت فى أفواه الأنهار أو بالقرب منها . والجزء الأساسى فى هذه الصخور هو السلكا لأن معظم حبوب الرمال عبارة عن بلورات من الكورتز . وفى كثير من الأحيان تشتمل أيضا على شظايا من الفلسبار والميكا ومعدنيات أخرى . وتلتصق الشظايا والحبوب بعضها ببعض بواسطة

كربونات الكلسيوم كما فى "الأحجار الرملية الكِلْسية" أو بواسطة الطين كما فى "الأحجار الصلصالية" (+) أو بواسطة أكسيد الحديديك كما فى "الأحجار الرملية الحديدية" أو بواسطة السلكا الغَرَوِية كما فى "الأحجار الرملية السِّيلِيسِيَّة"

والتربة المتكونة من بِلَى الأحجار الرملية هشة "خفيفة" تفتقر الى المواد المغذية للنبات الا اذا كان فيها معدنيات مشتملة على البوتسا كالفلسبار والميكا

الطين المستحجر — أساس تركيبه سلكات الأليومنا المائى اللزج (الكالين) أى لو٢ ا٣ , ٢ س ا٢ , ٢ يد٢ ا وقد يشتمل أيضا على أجزاء دقيقة جدا من مواد الصخور الأصلية التى انفصلت منها بالتآكل . وفى كثير من الأحيان يحتوى على شظايا من الفلسبار لم تتحلل أصلا أو اعتراها بعض التحلل وهذه من خطارة الشأن بمكان لما تحتوى عليه من البوتسا . والأراضى المتكونة من الطين المستحجر طينية "ثقيلة" وهى على العموم كثيرة البوتسا لكنها قليلة الفسفات وكربونات الكلسيوم

الأحجار الجيرية — نعنى بها ما يعم الطباشير والأحجار الجيرية والمجنزيمية ومعظمها مكوّن مما بلى من الأغطية الصلبة التى كونتها بعض الحيوانات المائية حولها كحيوان المرجان والمحاروذلك باستخلاصها كربونات الكلسيوم والمجنزيوم من الماء . وتحتوى هذه الأحجار فى الغالب على مقادير صغيرة من الطين وأكسيد الحديديك والسلكا . وتكاد تشتمل دائما على كميات كبيرة نسبيا من فسفات الكلسيوم . ومن هذه الأجسام الخارجة عن تركيب الأحجار الجيرية يتكوّن جل التربة الأرضية التى تبقى فوقها . أما كربونات الكلسيوم نفسه فمعظمه يذوب بتأثير الماء وثانى أكسيد الكربون معا ، ولذلك تستعمل الأسمدة المحتوية على الجير أحيانا لاصلاح هذه التربة . ولا يأتى الحجر الجيرى بالفائدة العظيمة التى يمتاز بها فى الأراضى الزراعية الا اذا كان مجزأً الى أجزاء صغيرة جدا أما اذا

(+) أى الرملية الطينية — المترجم

كان فى حجم الحَصى أو الرمل فانه لا يفضل رمل السلكا المعتاد الا قليلا وللمسحوق منه فائدتان عظيمتان :

(الأولى) كونه منبعا لغذاء النبات لما يحتوى عليه من الفسفات والكبريتات والكلسيوم

(الثانية) ، وهى أعظم شأنا ، كونه مادة قلوية لا غنى عنها فى كل التغيرات المكونة للأزوتات (عمليات التأزت)

التربة الأصلية والتربة المنقولة — التربة الأصلية هى التى تكوّنت من الصخور التى تحتها بواسطة المؤثرات الجوية . والتربة المنقولة هى التى انتقلت بعد تكوّنها ورسبت فوق صخور غير التى نشأت منها . ومن وسائط الانتقال مياه الأنهار ويتركب جل التربة التى تنشأ من رواسبها فى البقاع المنخفضة فى أوديتها من المواد التى نقلتها من الجهات العليا فى مجراها . ولما كانت هذه المواد مستمدة من صخور شتى كانت التربة الناتجة منها أكثر خصبا على العموم من التربة التى تتكون من تأثير الجو فى صخور من نوع واحد كما يحدث فى "التربة الأصلية" غالبا . ومن أحسن الأمثلة للتربة المنقولة الأراضى الغِرْيَنيّة التى فى وادِيَىْ نهر الهَمْبَر والتِّرِنْت ، فليست المعدنيات التى تكوّنت منها هذه الأراضى بعدُ هى التى انتقلت فقط بل التربة نفسها منقولة من جهات أخرى . ومن الوسائط التى تنقل مقادير عظيمة من المواد المكوّنة للتربة أيضا "جبال الثلج" فانا نرى بقاعا واسعة فى بعض الأقطار مغطاة بطبقة سميكة من الطين وشظايا الصخور جلبتها جبال الثلج من مسافات بعيدة وهذه تسمى "حُتّ جبال الثلج" وتغطى فى الغالب الطبقات الصخرية التى تحتها تماما وهذا دليل على أن نقلها حصل منذ قرون كثيرة . وقد تكون الريح أيضا واسطة لانتقال الرمال ورماد البراكين وما أشبه ذلك من أماكن بعيدة الى بقاع جديدة فتتكوّن منها التربة الأرضية

تكوين التربة — الخطوة الأولى فى تكوين التربة هى تهشم الصخور تهشما آليا الى قطع صغيرة . والمؤثرات التى تحدث هذا هى :

أولا الماء — ويؤثر من عدة وجوه :

(أ) من الوجهة الآلية — وذلك باحدى طرق ثلاث :

(١) سيلانه فوق سطح الصخور فيكشطها قليلا . ويزداد تأثيره هذا باحتكاك الحصى وشظايا الأحجار وماشاكل ذلك بالصخور ، بسبب دفع التيار لها . وبهذه الطريقة تنقل الأنهار فى الجهات التى يسير فيها ماؤها بسرعة كمياتٍ عظيمة من الرمل والطين والحصى وغير ذلك ثم تسقطها فى البقاع المنخفضة من مجاريها ، حيث يكون ماؤها أكثر سكونا . وبهذه الكيفية تتكون رواسب الأنهار

(٢) تكوينه لجبال الثلج وهى عبارة عن كتل من الماء المتجمد تكونت من ضغط الصقيع بعضه على بعض بتأثير ثقله . وتسير ببطء فتفتت الصخور التى تنحدر فوقها بمساعدة الشظايا الحجرية المدفونة فيها ، ولذلك نرى أن الماء السائل من مقدّمها حامل لمقدار عظيم من دقاق الطين ، فى حين أنا نرى أطرافها معلّمة بكميات عظيمة من فُتات صخرى مختلف الحجوم ينحدر محمولا فوق سطح الثلج ويسمى "حَميل جبال الثلج" . وقد كان لجبال الثلج هذه فى العُصُر الخالية تأثير عظيم حتى فى الأقطار التى لا توجد فيها الآن مثل بريطانيا

(٣) تعاقب جموده وذوبانه ، وذلك لأن الثلج يشغل فراغا أكثر مما يشغله الماء الذى تولد هو منه بنحو ١٠٪ ، واذا لم تكن هذه الزيادة فى الحجم ممكنة لا يتجمد الماء ولو برّدناه الى أى درجة تحت الصفر . ولتأثير الماء بهذه الكيفية عمل قوى جدا فى تفتيت الصخور . ففى وقت الدفء أثناء أى يوم ممطر من أيام فصل الشتاء تمتلئ ثقوب الصخور بالماء ، فاذا انخفضت

درجة الحرارة الى الصفر أخذ المـاء فى الاستحالة الى ثلج ابتداء من سطحه فتُسَدّ الثقوب بالثلج ويستمر الماء المحبوس فيها على فقدان حرارته ، ثم يأخذ فى الجمود ، اذا كانت زيادته فى الحجم ممكنة ، ولاحداث هذه الزيادة يضغط على الثقوب فيطوّلها أو يعرّضها . ثم اذا ذاب الثلج امتلأت الثقوب بماء المطر مرة أخرى وعمل فيها الثلج فى هذه المرة ماعمله فى الأولى وهكذا . وبهذه الطريقة تتفتت الصخور ، مهما بلغت صلابتها ، الى أجزاء صغيرة فى زمن يسير . ويظهر أن الجليد المستمر يعطل بِلَى الصخور بزيادة الصاق أجزائها . وفضلا عن التأثير الذى يحدثه الثلج بتمدده فانه ، على ما يظن ، عامل من عوامل بِلى التربة والصخور من وجهة التبلور ، اذ أن مجرد نموّ بلوراته ، بقطع النظر عن التمدد الذى يصحب تكوّنها ، يحدث تفكيكا فى المـادة التى تكوّنت فيها البلورات

(ب) من الوجهة الكيميائية — بين المعدنيات عدد كبير اذا عرض للمـاء تأثر بكيفية تؤدى الى البِلى فيذيب المـاء غالبا جزءًا منها وتتفكك الأجزاء الباقية فتنقلها الأمطار أو المياه الجارية الى جهات بعيدة . وهذا ما يحصل فى الصخور المشتملة على حبوب السلكا ، فان كثيرا من المواد التى تلصقها تذوب فى الماء فتنفصل الحبوب وينقلها الماء بسهولة ، وان كانت لا تذوب فيه ذوبانا يحس

وكربونات الكلسيوم والحديدوز والمجنزيوم على الخصوص عرضة للزوال بسهولة لأنها ، وان كانت لا تذوب فى الماء الصافى الا قليلا ، تذوب بسهولة فى المـاء المحتوى على ثانى أكسيد الكربون بسبب تكوّن ثانى الكربونات (البيكربونات) . وهاك معادلة تبين التفاعل :

كا ك ا٣ + يد٢ ك ا٣ = كا (يد ك ا٣)٢

ثانيا الهواء — ويؤثر من وجهتين :

(١) من الوجهة الآلية — يفصل الهواء الأجزاء البارزة من صخور الجهات الجبليـة ويقذفها من أعالى الجبال بقوة فتهشم الصخور أو الأحجار التى فى سفحها . وفضلا عن هذا فان الرياح بقذفها الرمال والحصى على سطح الصخور

بقوة شديدة تسبب تفتتها . وفى غالب الأحيان تُخْفِى المؤثرات الأخرى فعل الرياح ولكن فى بعض الأحوال تظهر الصخور التى قطعتها الرياح بوضـوح كصخور بِرِمْهَام فى مقاطعة يُرْكشَيَر بانجلترا

(ب) من الوجهة الكيميائية — يوجد فى كثير من الصخور معدنيات قادرة على الاستحواذ على الأكسجين ككربونات الحديدوز . فمتى تعرضت هذه للهواء تأكسدت وانتفخت ثم تحوّلت فى الغالب الى مسحوق فتتخلخل المعدنيات الأخرى التى فى الصخور . ويصحب التأكسـد فى كثير من الأحوال تغير فى اللون من الخضرة أو الشُّهْبة (لون الرماد) الى الصفرة أو الحمرة . وكذلك يُبلى ثانى أكسيد الكربون الذى فى الهواء الصخورَ عند وجود الماء

ثالثا الحيوانات — الحيوانات الحافرة كالأرنب والخُلْد تمهد للهواء طرقا فى الأرض يدخلها فهى بهذه الكيفية تساعد على حصول التغيرات التى يحدثها الهواء . وأكثر أعمال الحيوانات خطارة على ما يظن هو العمل الذى تقوم به تلك المخلوقات الضعيفة ، أعنى الديدان الأرضية ، فانها تجلب أجزاء التربة السفلى الى سطح الأرض وتجر الأوراق الميتـة وغيرها من بقايا النبات الى أوْجِرتها كما أنها تبتلع كميات وافرة من الطين تمر فى جسمها فتُهْضَم ثم تُقْذَف مسحوقة على سطح الأرض . ويقدّر هذا فى المتوسط بنحو ٢٣٥ قنطارا لكل فدان مصرى فى السنة . ويعمل النمل فى بعض البـلاد الحارة كأفريقية ما تعمله الديدان بل ربما فاقها . ففى أماكن كثيرة من أفريقية الجنوبية نجد الأراضى المغطاة بالحشائش ، وتسمى هناك (فِلْدًا) ، مرصعة بكثير من تلال النمل الأبيض التى يبلغ ارتفاعها فى الغالب ٦٠ سنتيمترا وقطرها يتراوح بين ٦٠ سنتيمترا و ٩٠ سنتيمترا وقد تكون أكبر من ذلك كثيرا . وهـذه التلال كثيرة الجحور التى تأوى اليها الحشرات وفيها من المواد النباتية المخزونة قدر كبير . وتتركب التلال من دُقاق الطين الذى حولها وهى مندمجة مانعة لنفوذ المـاء . وعند حرث الأرض وزرعها يشاهد دائمـا أن النبات مكان التلال كثير مزدحم

ويظهر خصب هـذه البقاع المشتملة على تلال النمل من نتيجة التحليل الآتى الذى أجريتُــه على مادة تلّ وعلى الأرض المجاورة له قرب كِرِسْتِيانا من بلاد الترنسڤال :

المـواد	المقدار المئوى فى تل النمل	المقدار المئوى فى تربة الحقل
حصى لم ينفـذ من المنخل الذى قطر كل عين من عيونه ٣ مليمترات...	—	٨,٦٦
القسم الذى نفذ من المنخل :		
النداوة أو الرطوبة	٣,٢٨	١,٩٨
المفقود بالأحراق(*)	١٣,٠٣	٤,١٤
المادة التى لم تذب (الرمل وما أشبهه)	٧٤,٥٩	٨٢,٨٦
أكسيد الحديد وأكسيد الألومنيوم (الاليومنا)	٨,٧٩	٩,٨٩
الجير (أكسيد الكلسيوم)	٠,٣٠	٠,١٢
المجنزيا (أكسيد المجنزيوم)	٠,٤٠	٠,١٨
البوتسا (أكسيد البوتسيوم)	٠,٣٩	٠,٢٥
الحامض الفسفوريك (فو ٢ أ ٥)	٠,٠٦	٠,٠٦
مجموع أجزاء القسم الذى نفذ من المنخل	١٠٠,٨٤	٩٩,٤٨

(*) يشمل هذا الأزوت ومقداره...	٠,٣٤٣٠	٠,٠٨٠٠
والبوتسا (الصالحة للتغذية) ومقدارها	٠,٠٤٨٢	٠,٠١٢١
والحامض الفسفوريك (الصالح للتغذية) ومقداره	٠,٠١٠٢	٠,٠٠١٧

رابعا النبات — ويؤثر من وجهتين :

(ا) من الوجهة الآليـة — تخترق الجذور الصخور أو التربة الأرضية فتجعلها هشة مسامية فيدخلها الهواء والمـاء وأيضا يجعـل النبات النامى على الصخور سطحها رطبا وهذا يوافق تأكلها

(ب) من الوجهة الكيميائية :

(١) أثناء الحياة — وذلك لأن المـادة التى تكونها الجذور وشعورها (*) تؤثر فى الصخور فتفتتها وتذيب بعض أجزائها

(٢) بعد الموت — وذلك بتكوين ثانى أكسيد الكربون وحوامض نباتية شتى من خواصها اذابة بعض المواد المكونة للتربة

وليس إبلاءُ الصخور وسحقُها كلَّ ما يُحتاج اليـه لتكوين تربة خِصبة فان النباتات المعتادة تحتاج الى مركبات الأزوت العضوية على شكل دبال . وأهم منبع لهذه المركبات بقايا النباتات

وهنا يرد السؤال الآتى :

كيف حصلت التربة فى المبدأ على المـادة العضوية الضرورية لنمو النبات والجواب عن هذا على ما يظهر من الأبحاث الحديثـة أن فى الكون كائنات عضوية مِجْهَرِيّة (مكرسكوبية) قادرة على تمثيل الأزوت المنفرد فى الهواء وعلى تمثيل المادة الكربونية من ثانى أكسيد الكربون وهذه تعيش على سطح الصخور ولو كانت فى قمم الجبال كما أن بعض النبات الحَزَازِىّ والأُشْنِىّ قادر على النمو بدون الأزوت المركب على مايظهر . فهذه الكائنات وأمثالها تصير بعد موتها مددا من المواد العضوية للتربة وتجعلها بالتدريج صالحة لنمو أنواع النبات الراقية

(*) الظاهر من الأبحاث الحديثة أن الذى يسبب تأكل الصخور هو ثانى أكسيد الكربون الذى يخرج من شعور الجذور لا الحوامض النباتية

المواد المكوّنة للتربة — جرت العادة بتقسيم الأجزاء المكونة للتربة على النحو الآتى وهو تقسيم حسن :

(١) الرمل ... — جله من السلكا ويحتوى على شظايا صغيرة من الفلسبار والميكا وحجر الجير الى غير ذلك

(٢) الطين ... — جله من الكالين ولكنه يشتمل أيضا على حبوب صغيرة من السلكا والفلسبار وغير ذلك

(٣) الجيرالجيرى — وهو عبارة عن قطع صغيرة من كربونات الكلسيوم

(٤) الدُّبال ... — وهوعبارة عن مواد أزوتية كربونية يكاد تركيبها يكون غير محدود وهى ناشئة من تعفن جميع أنواع النبات

ولهذه الأجزاء تأثير عظيم فى الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة الأرضية ومن الجدول الآتى يمكننا أن نعرف خواص هذه الأجزاء :

اسم المادة	الوزن النوعى الحقيقى	الوزن النوعى الظاهرى	الحرارة النوعية لأوزان متساوية	الحرارة النوعية لحجوم متساوية	قوة توصيل الحرارة	الماء الذى يتشربه ١٠٠ جزء وزن من المادة
الرمل... ...	٢,٦٢	١,٤٥	٠,١٨٩	٠,٤٩٩	١٠٠	٢٥
الطين...	٢,٥٠	١,٠١	٠,٢٣٣	٠,٥٦٨	٩٠,٧	٧٠
الجيرالجيرى	٢,٦٠	—	٠,٢٠٦	٠,٥٦١	٨٥,٢	٨٥
الدبال ...	١,٣٠	٠,٣٤	٠,٤٧٧	٠,٥٨٧	٩٠,٧	١٨١

ومن المفيد ذكر معانى المصطلحات التى فى هذا الجدول قبل شرح كل جزء من أجزاء التربة على حدته :

الوزن النوعى الحقيقى — هو نسبة وزن أى حجم من المادة الصلبة الخالية من الهواء الى وزن حجم من الماء مساوٍ له

الوزن النوعى الظاهرى — هو نسبة وزن أى حجم من المادة المسحوقة مع الهواء المتخلل الى وزن حجم من الماء مساوٍ له

الحرارة النوعية للأوزان المتساوية — هى نسبة كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة وزن من المادة درجات معينة (١٠° مثلا) الى كمية الحرارة الضرورية لرفع وزن مساوٍ من الماء نفس الدرجات (راجع الباب الرابع أيضا)

الحرارة النوعية للحجوم المتساوية — هى نسبة كمية الحرارة الضرورية لرفع درجة حرارة حجم من المادة درجات معينة الى الكمية اللازمة لرفع حرارة حجم مساو من الماء نفس الدرجات.

قوة توصيل المادة للحرارة — هى نسبة كمية الحرارة التى تنفذ من مكعب من المادة عند تعريض وجوهه المتقابلة لدرجات من الحرارة غير متساوية ، لكنها ثابتة ، الى كمية الحرارة التى تنفذ من مكعب مكافئ له من مادة أخرى مع توافر الشروط عينها

والأعداد المبينة لقوة التوصيل فى الجدول محسوبة باعتبار أن قوة توصيل السلكا = ١٠٠ أما معانى الأرقام التى فى النهر الأخير فواضحة من العبارة المكتوبة على رأسه

ولايخفى أن بعض المقادير المذكورة فى الجدول يختلف باختلاف درجة دقة أجزاء المادة وغيرذلك من الأحوال . ولنشرح الآن أجزاء التربة على الترتيب :

الرمل — توصيله للحرارة وثقله النوعى أكثر من المواد الاخرى المكوّنة للتربة كما يتبين من الجـدول ولكن حرارته النوعيـة وقوة حفظه المـاء أقل أما من جهة كونه غذاء للنبات فلا قيمة له ، غير أنه يحتوى على كمية قليلة من البوتسيوم والحديد والكلسيوم توجد فى بعض الأحيان ضمن شظايا المعدنيات التى تختلط بالنقى منه . ولخواص الرمل الطبيعية تأثير كبير يرجع فى الغالب بالفائدة على الخواص الطبيعية للتربة ، خصوصا سهولة تفتتها وعلاقتها بالماء والحرارة

الطين — النقى منه خال من غذاء النبات ولكنه يشتمل فى العادة على كثير من البوتسا لوجود الفلسبار فيه . وزيادة على الفلسبار يحتوى الطين المعتاد غالبا على الكُوَرتِز وكربونات الكلسيوم كالطين الجيرى (المَرْل) (+)

والطين الحقيق أو الكالين أى لو$_{٢}$ ا$_{٣}$, ٢ س ا$_{٢}$, ٢ يد$_{٢}$ ا هو الذى يلصق حبوب المعدنيات المختلطة به

ومن المظنون أن أنق أنواع الطين أيضا يشتمل على جزء صغير من سلكات الألومنيوم أكثر قابلية للاتحاد مع المـاء ، واليه تنسب لزوجة الطين وتماسكه فاذا كمل انتفاخ هذا الجزء بواسطة المـاء صار الطين لزجا مانعا لسريان السوائل واذا انكمش أو انعقد صار الطين قابلا للتفتت وقل تماسكه . ويحدث هذا الانعقاد باضافة الحوامض أو أنواع شتى من الأملاح لاسيما مركبات الكلسيوم التى لها تأثير فعال من هذه الوجهة . وهذه الخاصة هى السبب فى أن وضع الجير فى الأراضى الثقيلة يصلح قِوامها . ولبيان تأثير الجير نقلب مقدارا من الطين النقى فى ماء مقطر ثم نقسم المـاء العكر الى قسمين نضع كلا منهما فى مخبار فاذا أضفنا مقـدارا من ماء الجير الى احد المخبـارين شاهدنا أن أجزاء الطين فيه تتجمع وترسب الى القاع تاركة سائلا رائقا فوقها بعد زمن يسير . أما المـاء العكر الذى فى المخبـار الآخر فلا يصفو إلا بعـد يوم أو يومين . وتزيل

(+) المَرْل أو الطين الجيرى هو ما اشتمل بجانب الطين على أكثر من ٥ فى المـائة وزنا من كربونات الكلسيوم — المترجم

الحرارة لزوجة الطين بسبب طردها جزيئين من ماء الايدرات . وما يبقى بعد ذلك من سلكات الألومنيوم فى صناعة الآجر والبلاط مثلا لا يمكن أن يتحد مع المـاء مرة ثانية

الحجر الجيرى — يوجد كربونات الكلسيوم متفتتا الى أجزاء دقيقة منتشرة بين باقى المواد المكونة للتربة الأرضية ، كما يوجد على حالة شظايا صغيرة تعتبر من أجزاء الرمل . والحالة الأولى هى المهمة . وكربونات الكلسيوم يمد النبات بالغذاء لمـا يشتمل عليه من الكلسيوم والمجنزيوم والحـامض الفسفوريك وله فوائد ربما تفوق هذه عظما وهى :

(١) أنه يخفف تماسك الطين بالكيفية التى تمتاز بها مركبات الكلسيوم عموما

(٢) أنه يعمل عمل القواعد الضعيفة مع كونه ملحا حقيقيا ، وذلك لأن الحـامض الكربونيك الذى فيه ضعيف جدا الى حد أن الحوامض القوية تخرجه وتتحد مع الكلسيوم فتفقد بذلك حموضتها وهذا من خطارة الشأن بمكان لأن كثيرا من أنواع الحوامض يتكون من بِلى المواد النباتية وتعفنها ، فاذا كانت هذه كثيرة فى التربة تكونت الحوامض المنفردة بسهولة وتراكمت فتصير الأحوال غير موافقة لنمو أغلب الأنواع النافعة من النبات . وهذه الأرض هى التى يعبر عنها غالبا بالأرض "الحامضة" وأحسن دواء لارجاع خصبها اليهـا معالجتها بالجير أو بكربونات الكلسيوم ولهـذا نرى أن الأرض التى تحتوى على مقدار كبير من كربونات الكلسيوم لاتعتريها حموضة أبدا

(٣) أنه مادة قلوية ضرورية للأعمال الهامة المعروفة "بالتأزت" أى تكوّن الأزتات وسنوضح هذه بعد

(٤) أنّ له دخلا كبيرا فى التغيرات الكيميائية التى تحدث من وضع بعض أنواع الأسمدة فى الأرض الزراعية مثل كبريتات النشادر . فان الأصل الحامضى للحامض فى هذا المركب يتحد مع الكلسيوم ويذوب المركب النـاتج من هذا الاتحاد ويذهب به ماء الرشح ويبقى النشادر فى الأرض

الدُّبال (الهِيُومَس) — هو المادة العضوية ذات الصفات المميزة لها فى تربة الأرض وهو ذو شأن عظيم لما له من الخواص الكيميائية والطبيعية أما كنهه الكيميائى فلا نعلم عنه إلا قليلا رغم الأبحاث الكثيرة. وقد أجريت تحليلات كثيرة للدبال المستخرج من الأراضى ولكن لم يوضع له تركيب محدود الى الآن

ويتبين الاختلاف الكثير فى تركيب الدبال من النتيجة الآتية لتحليل أربعة نماذج منه :

الكربون	٤٤	الى	٥٠	فى المائة
الأيدروچين	٣	«	٦	«
الأزوت	٦٫٥	«	١٠	«
الأكسچين	٢٨	«	٣٥	«
الرماد	٤	«	١٢	«

وقد أظهر البحث أن الرماد يحتوى على ٧٫٥٪ من البوتسا و١٢٫٤٪ من خامس أكسيد الفسفور كما يحتوى على السلكا والأليومنا وأكسيد الحديديك والصودا وأجسام غير هذه

وظهر من أبحاث أخرى أن الدبال يشتمل على حوامض شتى متميزة ، لكنها معقدة التركيب (تركيبها صعب الادراك) وهى :

الحامض الدُّباليك (الهِيُوميك) والأُلميك والأكرنيك والأَبُكْرِنيك

كنه هذه الحوامض التى يقال أنها مركبة من الكربون والأيدروچين والأكسچين غير معروف وان اقترح بعض العلماء عدة قوانين لها . ويظهر أن الدبال حامضى التأثير وأن مركبه مع الكالسيوم لا يذوب فى الماء . ومن المظنون أن ما يصحب الدبال من المواد المكونة للرماد ذو أهمية عظيمة لأنه على ما يظهر سهل المنال للنبات . أما أزوت الدبال فانه أكثر نفعا من سائر

العناصر المكونة له وان كان النبات فى الغالب لايستطيع استعماله مباشرة بل لابد من تحوله أولا الى أزوتات بالتأكسد الذى ينتج من تأثير الكائنات العضوية الميكرسكوبية التى تعيش فى تربة الأرض. هذا مايتعلق بالخواص الكيميائية للدبال . ولنتكلم الآن على خواصه الطبيعية التى لها فائدة كبرى أيضا :

الدبال جسم قاتم اللون مسامى ذو حجم كبير يمتاز بتماسكه الشديد أو بقدرته على الالصاق كما يمتاز بقدرته على حفظ الماء وامتصاص عدة من المواد المغذية للنبات وابقائها وذلك كالنشادر والبوتسا والجير

أما قُتْمتُهُ فهى السبب فى أن الأراضى المحتوية على قدر عظيم منه تسخن بأشعة الشمس أسرع من الأراضى الزاهية اللون . وأما مساميته وكبر حجمه فانهما يسمحان للهواء بالمرور بسهولة وبهذا يزداد التأكسد فى تربة الأرض . ولذلك كان وجود الدبال فى الأراضى الطينية سببا لخفتها (تَفَتُّحها) وقابليتها لتخلل الغازات والمياه . وأما قوة الالصاق فذات قيمة كبرى فى الأراضى الرملية . اذ بها يتماسك الرمل فيكتسب قدرة على ابقاء الماء وأما خاصة الامتصاص ففائدتها حفظ كثير من المواد المغذية القابلة للذوبان ولولا ذلك لضاعت فى ماء الصرف

وباستمرار التعفن فى الدبال يزداد مقدار ثانى أكسيد الكربون فى مياه التربة فتزداد بنسبة ذلك قدرتها على اذابة غذاء النبات الذى فى الأجزاء المعدنية من التربة

التغيرات الكيميائية التى تحدث فى تربة الأرض — هذه التغيرات كثيرة جدا وأنواعها غير مألوفة لطالب الكيمياء الابتدائية وهى تابعة فى الغالب لأحوال كثيرة منها درجة الحرارة والتشبع والمقادير النسبية من الأجسام المتفاعلة

والمواد غير العضوية فى تربة الأرض معرضة لنفس المؤثرات التى فتتتها من الصخور أثناء تكوين التربة ، بيد أن التغير يسير سيرا سريعا بعد التكوّن لأن

مقدار ثانى أكسيد الكربون الناشئ من تعفن المواد العضوية فى التربة يكون أكثر، ففُتات الفلسبار مثلا يتحلل على ما يظن بمقتضى المعادلة الآتية :

لو$_2$ ا$_3$, بو$_2$ ا , ٦ س ا$_2$ + ك ا$_2$ + ١٠ يد$_2$ ا

= لو$_2$ ا$_3$, ٢ س ا$_2$, ٢ يد$_2$ ا + بو$_2$ ك ا$_3$ + ٤ يد$_4$ س ا$_4$

ثم ان الحامض السِّليسيك وكربونات البوتسيوم ، بسبب قابليتهما للذوبان، تنقلهما مياه الصرف ، غير أن كربونات البوتسيوم ربمـا تمتصه جذرر النبات أو بعض أجزاء الأرض القادرة على الامتصاص

أما كربونات الكلسيوم فيذوب فى الماء المشتمل على ثانى أكسيد الكربون بمقتضى هذه المعادلة :

كا ك ا$_3$ + يد$_2$ ا + ك ا$_2$ = كا (يد ك ا$_3$)$_2$

وتنقله مياه الصرف أو تمتصـه التربة أو يؤثر فى فلسـبار أو سلكات آخر وهاك معادلة تبين نوع التفاعل :

لو$_2$ ا$_3$, بو$_2$ ا , ٦ س ا$_2$ + كا (يد ك ا$_3$)$_2$ + ٩ يد$_2$ ا

= بو$_2$ ك ا$_3$ + كا ك ا$_3$ + لو$_2$ ا$_3$, ٢ س ا$_2$, ٢ يد$_2$ ا + ٤ يد$_4$ س ا$_4$

وجل الحامض الفسفوريك الذى فى معدنيات التربة يوجد على شـكل فسفات الكلسيوم الثلاثى (ثالث فسفات الكلسيوم) أى كا$_3$ فو$_2$ ا$_8$ وهذا المركب يكاد لا يذوب فى المـاء ، غير أنه بتأثير ثانى أكسيد الكربون يمكن أن يحدث فيه التغير الآتى :

كا$_3$ فو$_2$ ا$_8$ + ٢ ك ا$_2$ + ٢ يد$_2$ ا

= كا$_2$ يد$_2$ فو$_2$ ا$_8$ + كا (يد ك ا$_3$)$_2$

والفسفات المتكوّن يسمى فسفات الكلسيوم الثنائى أى كا$_2$ يد$_2$ فو$_2$ ا$_8$ ويكتب قانونه فى بعض الأحيان كا يد فو ا$_4$ وهو قابل للذوبان فى المـاء

قليلا ولذلك ينتفع النبات بشئ منه فاذا اختلط بمركبات الحديديك أو الألومنيوم المائية (الايدراتية) تحول الى فسفات الحديديك أى ح فو ا$_4$ أو الى فسفات الألومنيوم أى لو فو ا$_4$ وبقى فى تربة الأرض على حالة أجزاء دقيقـة جدا ومع أنه على هذه الحال غير قابل للذوبان فى المـاء فان العصـارة الحامضـة لجذور النبـات تذيبه . وفى الحقيقة إن كثيرا من المركبات التى تصير قابلة للذوبان بتأثير ثانى أكسيد الكربون أو الماء أو المؤثرات الأخرى لاتبقى دائما على شكلها القابل للذوبان اذ لو بقيت لكان جلها عرضة لأن يضيع فى مياه الصرف

ويحتوى كثير من أنواع التربة على مواد لهـا قوة الاتحاد مع الفسـفات ومركبات البوتسـيوم والأمنيوم ومع مركبات الكلسـيوم الى درجة أقـل فتتحول الى مركبات غير قابلة للذوبان . فاذا رشحنا من خلال طبقة غليظة من التربة محلول كبريتات البوتسيوم أو الأمنيوم أو محاول فسفات الصوديوم وجدنا أن السائل الراشح خال من البوتسيوم أو الأمنيوم أو الحامض الفسفوريك ولكن قد يحتوى على الحـامض الكبريتيك فى ضمن كبريتـات الكلسيوم. والمعتقد أن مواد التربة التى لها قدرة على هذا الإبقاء هى :

(١) الدُبال وله خاصة الامتصاص التى تتميز بها الأجسام العظيمة المسامية كالفحم النباتى ، فضلا عن أن له تأثير الحوامض

(٢) السلكات المزدوج المـائى ويشمل أجساما ثانوية تكونت من تأثير الجو فى الفلسـبار وما شاكله . وتركيبها يشابه تركيب المعدنيـات المعروفة بالزِيُولِيت وهو اسم مشتق من كلمة يونانية معناها الغليـان سميت به هـذه الأجسام لأنها تُزبِد عند احمائها فى لهب أنبوبة النفخ ، بسبب صعود البخار واذا امتصت هذه الأجسام فلزا تركت فى كثير من الأحيان مقدارا مكافئا له من فلز آخر (فى الغالب الكلسـيوم أو المجنزيوم) يحل محل الفلز الذى امتص وينتقل بواسطة مياه الصرف

(٣) مركبات الحديديك والألومنيوم المائية : ولها قدرة على الاتحاد بالحامض الفسفوريك فتكوّن فسفات الحديد وفسفات الألومنيوم وهما غير قابلين للذوبان . ولها أيضا قدرة على ابقاء الجير والبوتسا والأمُّنيا وهذا على ما يظن ناشئ من كونها ذات خواص حامضية ضعيفة ، ومع هذا فان امساك هذه المركبات للقواعد ليس شديدا ، ولذلك كان من الممكن ازالتها باطالة الغسل بالماء

وكل الأراضى الزراعية تقريبا شديدة التمسك بالحامض الفسفوريك ومن أجل هذا كان ما يفقد منه فى مياه الصرف مقدارا لا يحس

«مبحث كيفية توزع المواد الذائبة فى ماء الأرض»

تتوزع المواد الذائبة فى ماء الأرض بطريقتين :

(١) بخاصة الانتشار أى انتقال المادة الذائبة من جزء من السائل المذيب الى جزء آخر. وهذه العملية التى تجعل تشبع السائل منتظما فى جميع أجزائه تكون فى بعض الأجسام أسرع منها كثيرا فى البعض الآخر . فالمواد الغَرَوِية أى التى تشبه الغراء أو الصمغ فى طبيعتها أقل سرعة فى الانتشار من سائر الأجسام فى حين أن كثيرا من أصول الحوامض وفلزات الأملاح لا تختلف سرعة انتشارها إلا قليلا ، فالكلورور مثلا ينتشر بدرجة أكثر من الأزوتات أو الكبريتات وأملاح البوتسيوم تنتشر بدرجة أكثر من مركبات الأمنيوم أو الكلسيوم

(٢) بتحرك السائل نفسه فى تربة الأرض وله سببان :

(ا) الجذب الأرضى للسائل وهذا يؤثر فى الاتجاه الرأسى الى أسفل فيغوص السائل فى باطن الأرض

(ب) الضغط السطحى للسائل : وذلك لأن سطح كل سائل يحدث ضغطا على السائل المشمول به ويمكن ادراك هذا بسهولة اذا تذكرنا أن كل نقطة من السائل مجذوبة بما يجاورها من النقط وأن جذب النقط القريبة

أقوى من جذب النقط التى على مسافة أبعد وهكذا يضعف الجذب كلما بعدت النقط الجاذبة . وليلاحظ أن النقط التى على السطح لاتتأثر الا بجذب النقط التى فى داخل السائل ، ولذلك يكون السطح متأثرا بضغط اتجاهه الى الداخل . ومن خواص السائل الذى يتحرك من غير ممانع أنه يتشكل بشكل يكون سطحه أصغر ما يمكن فاذا لم تؤثر فيه أى قوة كان شكله كرويا وفى الأحوال المعتادة يتغلب الجذب الأرضى على الضغط السطحى للسائل ولكن اذا صغرت كمية السائل قل تأثير الجذب الأرضى وظهر تأثير الضغط السطحى فيميل السائل الى أن يصير كرويا . وتحدث المواد الصلبة فى غالب الأحيان جذبا أو تثبيتا للسوائل فاذا ما لامست سائلا ابتلت به

ويختلف الضغط السطحى للسائل باختلاف شكل السطح ، نفسه فضغط السطح المقعر أقل من ضغط السطح المستوى وضغط السطح المحدب أكبر من المستوى ويتضح هذا بمراجعة الشكل الأوّل . ولنفرض فيه أن ا ب يبين سطحا مستويا لسائل ولنعتبر نقطة مثل ج على مسافة بعيدة تحت السطح ، فكل النقط التى لجذبها تأثير يذكر فى ج يمكن تصورها داخل كرة مركزها ج ويكون مقطعها عبارة عن الدائرة المبينة فى الشكل (١) :

ش ١

وبانعام النظر يظهر لنا جليا أن مُحَصِّلَةَ جميع القوى الجاذبة للنقطة ج صفر ، لأنها تكون مجذوبة بقوى متساوية فى جميع الجهات ولهذا تبقى فى حالة توازن . ثم لنعتبر نقطة مثل د على السطح فقياسا على ما تقدم نرى أن الحد التصوّرى للنقط التى تحدث تأثيرا يذكر فى د يمثل كرة تشبه السابقة أو بالأحرى نصف كرة لأنه لا توجد نقط من السائل فوق السطح

وتكون محصلة القوى الجاذبة للنقطة ء عظيمة عمودية على السطح ومتجهة الى داخل السائل . ومثل هذا يقال فى جميع النقط التى على السطح وكذا التى تبعد عنه بأقل من نصف قطر الكرة الخيالية ، غير أن محصلة القوى الجاذبة لهذه الى داخل السائل تكون أقل . فقد وضح اذن أن السطح المستوى يحدث ضغطا على السائل متجها الى داخله . ولننعم النظر الآن فى السطح المقعر كما فى الشكل (٢) :

اذا اعتبرنا نقطة على السطح مثل ا و رسمنا دائرة مركزها هذه النقطة تبين الحد التصورى الذى يكون تأثير جذب النقط المجاوزة له أمرا لا يذكر ، ثم اذا رسمنا الخط الأفقى ب ج المار بالنقطة ا ظهر لنا أن الضغط الذى تحدثه القوى المؤثرة فى ا الى أسفل أقل اذا كان السطح مقعرا منه اذا كان أفقيا ، لأنه توجد فى الحالة الأولى محصلة لقوى الجذب الذى تحدثه نقط القسم المظلل من الشكل الى أعلى

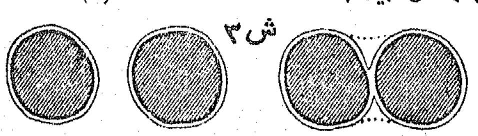
ولنرمز لهذا الجذب العلوى بالحرف ں وللجذب الى أسفل (بفرض أن السطح مستوٍ) بالحرف ق . فتكون المحصلة النهائية المؤثرة فى كل نقطة على سطح السائل هى ق للسطح المستوى و (ق — ں) للسطح المقعر . ومن الواضح أنه كلما ازداد تقعر السطح عظمت القوة ں فتقل القوة (ق — ں) ومن هذا كله تتضح الظاهرة الآتية :

اذا بللنا السطح الداخلى لأنبوبة بسائل ثم غمرناها فى اناء يشتمل على ذلك السائل ارتفع سائل الاناء فى الأنبوبة حتى يعادل ضغطُ عمود السائل فيها الفرق بين ضغط سطح السائل فى الاناء خارج الأنبوبة (وهذا يساوى بوجه التقريب ق اذا كانت مساحة الاناء كبيرة) وضغط سطح السائل فى الأنبوبة (وهو بالضرورة مقعر فضغطه يساوى ق — ں)

هذا هو السبب فى ارتفاع السوائل بالخاصة الشعرية فى الأنابيب الدقيقة (الصغيرة التجويف) . وقد ظن الكثير من الذين ألفوا فى موضوع التربة الأرضية أن فيها أنابيب شعرية هى السبب فى ارتفاع الماء فيها ولكن يبعد كثيرا أن يكون لهذا التصور نصيب من الصحة لأن المسافات التى بين أجزاء التربة ليست كلها مملوءة بالماء ، بل جلها مشغول بالهواء كما هو معلوم تماما ومن المحتمل أن الخاصة الشعرية البحتة تسبب الى درجة صغيرة تحرك الماء فى الأجزاء المكونة للتربة حيث يصير الفراغ الذى يتخلل الشظايا المتلاصقة مملوءًا بالماء تماما ، ولكن حركة الماء فى معظم أجزاء التربة مسببة حتما عن الضغط السطحى بالكيفية التى أوضحناها

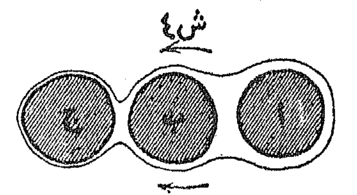
والحقيقة أن سبب ارتفاع الماء فى الأرض هو عين السبب الذى يحدث ارتفاعه فى الأنابيب الشعرية ولكنه يؤثر فى الأرض بطريقة أخرى . ولنشرح ذلك فنقول :

اذا بحثنا عن جزأين صغيرين من أجزاء الأرض تحيط بكل منهما طبقة من الماء ملتصقة به تماما وقربنا أحدهما من الآخر بحيث يتلامسان شاهدنا أن طبقتى الماء فى موضع التلامس تحدثان حتما سطحا مقعرا ، وبذلك يكون الضغط السطحى للماء فى هذا الموضع أقل منه فى الجهات الأخرى ، فيتحرك لذلك الماء المحيط بالجزأين ويتراكم فى المسافة التى بينهما حتى يصير انحناء سطحها أقل كما هو مبين بالخط المنقط فى الشكل (٣)



ومن هـذا نرى أن إمساك المـاء بين الجزأين ناشئ من توتّرٍ سطحى" من نوع ما يحدث فى الخاصة الشعرية

فاذا فرضنا الآن تلامس ثلاثة أجزاء تحيط بكل منها طبقة مائيـة كما فى الشكل (٤) :

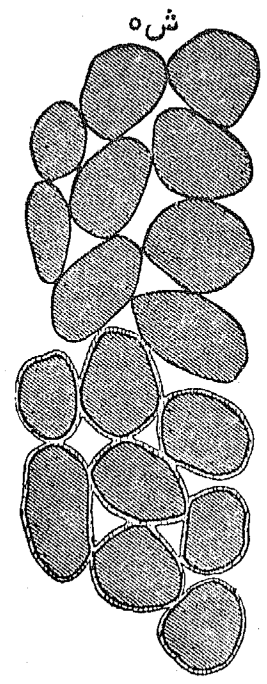


وفرضنا أن مقدار المـاء الذى بين ا ، ب أكثر من الذى بين ب ، ج كان سطحا المـاء فى موضع التلامس بين ب ، ج أكثر تقعرا من سطحى الماء بين ا ، ب أى أن الضغط السطحى بين ب ، ج أقل منه بين ا ، ب ولهذا يتحرك المـاء حول ب متجها الى ج حتى يصير الضغط بين ب ، ج مساويا للضغط بين ا ، ب ويحدث هذا التأثير فى كل سطح بين جزأين متجاورين وهو السبب فى تحرك المـاء من جزء الى آخر على الرغم من امتلاء الفراغ المتخلل لكثير من الأجزاء بالهواء

وليلاحظ أن تحرك المـاء بهذا السبب يكون فى أى جهـة ويكاد يكون دائما من الأجزاء الأكثر ابتلالا الى الأجزاء الأقل ابتلالا

فينبغى اذن أن يفسر الارتبـاط بين تركيب التربة وارتفاع المـاء فيها من أسفل بهذه الطريقة لا بوجود أنابيب شعرية فيها ممتلئة بالمـاء

ومما تقدّم نعلم أن مقدارَ المـاء الذى تمسكه التربة وسرعةَ ارتفاعه فيها من أسفل تابعان فى الأكثر لعدد مواضع التماس بين أجزائها وأن كل تماس يؤدى الى تكوّن سطح مقعر للطبقة المائية حول الأجزاء وهذا السطح المقعر هو الذى يسبب اتجاه المـاء نحوه . أنظر الشكل (٥)



ويزداد عدد الزوايا المتـداخلة فى الأرض أو بعبارة أخرى عدد السطوح المقـعرة كلمـا دقت أجزاؤها ، بيد أنه متى تجاوزت دقة الأجزاء حدا معينا أبطأت حركة المـاء بسـبب زيادة الاحتكاك الذى يصـادفه أثناء مروره فى التربة

وليلاحظ أنه اذا كانت أجزاء الأرض كلها مبتلة كان تنقل المـاء أسرع أما اذا كان بعضها جافا فلا تحدث الحركة حتى تبتل الأجزاء الجافة بواسطة دبيب المـاء دبيبا بطيئا حولها . ومن هذا نرى أن تقليب طبقات الأرض العليا من حين إلى آخر يزيد حقيقة فى سرعة البخر من السـطح إلا أن المجموع الكلى للماء الذى يتحول الى بخار ينقص إذ بهذه الكيفية تجف تلك الطبقات وتقل مواضع التمـاس بين أجزائها فيتعطل سير المـاء من أسـفل

الى درجة كبيرة بسبب تعطيل تكوّن السطوح المقعرة مدة من الزمن فى طبقات الماء بين الأجزاء المتلامسة ولا يخفى أن هذه السطوح المقعرة ذات قوة عظيمة فى مساعدة الماء على الحركة كما قدّمنا

التأزت أى تكوين الأزوتات — من المحتمل أن أهم التفاعلات التى تحدث فى الأرض ما كان منها مرتبطا بتعفن المواد العضوية وبتحول الأزوت من مركب الى آخر . والمواد العضوية فى تأكسد مستمر به يتحول جل الكربون الى ثانى أكسيده وتتكوّن أيضا بعض الحوامض العضوية وهذه ربما أتت بضرر للنبات اذا كانت الأرض مفتقرة الى حجر الجير أو الأجسام الأخرى التى تعمل عمل القواعد

أما الأزوت الموجود فى المواد الأصلية فى ضمن الأجسام العضوية المعقدة التركيب فانه يتحول فى المنتهى الى أزوتات ويعرف هذا التغير بالتأزت أى تكوّن الأزوتات (النيترات) وهو فى الحقيقة تأكسد يمكن تقسيمه الى ثلاث درجات :

(١) تحوّل المركبات العضوية الأزوتية المعقدة التركيب الى مركبات الأمنيوم (مركبات النشادر)

(٢) تحوّل الأمنيا أو مركبات الأمنيوم الى الأزوتيت (النيتريت)

(٣) تحوّل الأزوتيت الى الأزوتات (النيترات)

أما الدرجة الأولى من التغير فانها سهلة الحدوث لبعض الأجسام كالبولينا (اليوريا) التى هى الجزء الرئيسى فى البول (اليورين) اذ أنها لا تحتاج الا الى الاتحاد مع الماء لتكوين كربونات الأمنيوم . وهاك المعادلة :

ك ا (ز يد٢)٢ + ٢ يد٢ ا = (ز يد٤)٢ ك ا٣

يوريا | ماء | كربونات الأمنيوم

وهذا هو السبب فى الرائحة النشادرية القوية التى تشم فى الاصطبلات ونحوها . ولا يحدث هذا التغير فى باقى المركبات الأزوتية الأخرى بهذه السهولة والسبب فى حدوث هذا التغير فى كل الأحوال تقريبا الأعمال الحيوية لبعض الكائنات العضوية المجهرية (المكرسكوبية) . ففى بعض الأحيان يكون نبات العفن سبب التغير وفى البعض الآخر البكتريا

وتمتص أجزاء التربة مركبات الأمنيوم المتكوّنة حتى يؤثر فيها صنف آخر من الكائنات الحية المجهرية والتفاعل الكيمياء ، الذى يصحب ذلك من نوع بسيط جدا تبينه المعادلة الآتية :

(ز يد٤)٢ ك ا٣ + ٣ ا٢ = ك ا٢ + ٢ يد ز ا٢ + ٣ يد٢ ا

كربونات الامنيوم | الأكسجين | ثانى أكسيد الكربون | الحامض الأزوتوز | الماء

بيد أن هذا التغير لا يحدث الا اذا كان هناك جسم قاعدى التفاعل يجعل الحامض الأزوتوز متعادلا وهذا هو كربونات الكلسيوم على الأرجح . وهاك المعادلة :

كا ك ا٣ + ٢ يد ز ا٢ = كا (ز ا٢)٢ + ك ا٢ + يد٢ ا

كربونات الكلسيوم | الحامض الأزوتوز | أزوتيت الكلسيوم | ثانى أكسيد الكربون | الماء

ويقوم بهذا التغير كائنات عضوية مكرسكوبية تسمى الكائنات الأزوتيتية (النيتريتية) أو نيتروزوكوكس

وفى المنتهى يتحوّل الأزوتيت بالتأكسد الى أزوتات هكذا :

كا (ز ا٢)٢ + ا٢ = كا (ز ا٣)٢

أزوتيت الكلسيوم | أكسجين | أزوتات الكلسيوم

ويحدث هذا بتأثير كائنات تسمى الكائنات الأزوتاتيـة (النِّيتْرَاتِية) أو نيتْرُوبكْتَر . ولنذكر الآن الأحوال التى توافق تكوّن الأزوتات مع فرض وجود الكائنات الحية الضرورية فى الأرض :

(١) وجود الغذاء المناسب الذى لا بد من اشتماله على المواد المعدنية خصوصا البوتسيوم والكلسيوم والكبريتات والفسفات . ويظهر أن من الضرورى أيضا وجود ثانى أكسيد الكربون سواء كان غازا منفردا أو ذائبا فى الماء أو كان فى ضمن ثانى الكربونات وليست المادة العضوية ضرورية للكائنات الأزوتيتية والأزوتاتية

(٢) وجود مادة قاعدية التفاعل وقد تقدم لنا أن هذه المادة هى كربونات الكلسيوم أو المجنيزيوم فى غالب الأحوال . ويجب أن تكون التربة الأرضية التى تعيش فيها الكائنات المِجْهَرِيّة قلوية قليلا جدا أو "متعادلة" أى ليست قلوية ولا حامضية أما اذا كانت شديدة القلوية أو الحامضية فان تكوين الأزوتات يقف

(٣) وجود درجة الحرارة المناسبة وذلك لأن تكوين الأزوتات يبطل حوالى الصفر المئوى ويشتد حوالى الدرجة ٣٠° ويبطل حوالى ٥٠° أو ٥٥°

(٤) وجود الرطوبة أى النداوة

(٥) عدم وجود ضوء شديد لأن ضوء الشمس يبطل عمل الكائنات الحية واذا استمر أماتها

(٦) وجود مقدار وافر من الأكسجين

ابادة الأزوتات — هى عملية ينجم عنها انفصال الأزوت من الأزوتات وتقوم بها كائنات حية مِجْهَرِيّة تكاد تكون موجودة دائما فى التربة على ما يظن ، بيد أنها لا تحدث هذا التأثير الا حيث لا يوجد الأكسجين

المنفرد ولذا يقال لها جراثيم "غير أكسجينية" . فاذا كانت الأرض جامدة أو متشبعة بالماء أو مشتملة على مقادير عظيمة من المواد الكربونية القابلة للتأكسد كانت بيئة موافقة لابادة الأزوتات ولهذا كان وضع مقادير كبيرة جدا من السماد البلدى مع أزوتات الصودا فى الأرض الزراعية سببا فى بعض الأحيان لانفصال الأزوت بواسطة هذه الجراثيم فيضيع

تثبيت أزوت الهواء الجوى فى الأراضى الزراعية — قد أظهر البحث أن بعض الكائنات الحية المِجْهَرِيّة قادر على استخلاص الأزوت المنفرد من الهواء وتحويله الى مركبات تصلح لتغذية النبات وقبل بضع سنين كانت "مُسْتَنْبَتات" هذه الكائنات الحية بضاعة يتجر فيها وكانت تعرف باسم الأَلِنيت ولكن الفوائد التى تنجم عن استعمالها كانت موضع الشك ولذلك بطل صنعها . وقد وجهت العناية حديثا الى زيادة البحث فى هذا الموضوع فعثر الباحثون على أنواع أخرى من الجراثيم المتقدمة تثبت أزوت الهواء فى الأرض ومن هذه بكْتِرِيُوم كبير أطلق عليه اسم الأَزُوتُوبَكْتَر ويقال ان له قدرة على تثبيت الأزوت فى الاراضى المشتملة على مقدار كبير من المادة العضوية . والمعتقد أن الأزوتوبكتر يستمد الطاقة الضرورية له من تأكسد المادة العضوية . وعمل هذا البكتريوم وأمثاله هو السبب فى خصب الآجام والأراضى الطبيعية المُكْلِئة ووفرة أزوتها ، لأن هذه الجراثيم تجد من المواد العضوية الكربونية قدرا وافرا موافقا لنموها وتكاثرها

غازات التربة الزراعية — الفجوات التى فى تربة الأرض مشغولة عادة بالهواء . وبسبب التغيرات الكيميائية المستمرة خلال الأرض يفقد الهواء جزءا من أكسجينه وتزداد كمية ثانى أكسيد الكربون فيه ولا ينفد الأكسجين لأن هواء الأرض يتجدد على الدوام من الطبقة الهوائية التى فوقها بواسطة خاصة الانتشار

وقد أظهر البحث اختلافا كبيرا فى تركيب الغازات المستخرجة من التربة فان الأكسجين يتراوح بين ١٠ و ٢٠ ./. وثانى أكسيد الكربون بين ١ و ١٠ ./. فى حين أن مقدار الأزوت لا يختلف الا قليلا جدّا عن مقداره فى الهواء الجوى أى ٧٨ ./. تقريبا . وفى فصلى الصيف والخريف يكون مقدار ثانى أكسيد الكربون أكثر منه فى فصلى الشتاء والربيع و يكون مقدار الأكسجين أقل فى الفصلين الأولين منه فى الأخيرين

ماء التربة الزراعيّة — يوجد الماء طبيعيا فى التربة على شكل طبقات رقيقة تحيط بأجزائها فتذيب ما يقبل الذوبان منها ومن الغازات مكوّنا بذلك محلولا ضعيفا . ومنشأ هذا الماء عادة الأمطار التى تسقط من السماء فهو لذلك يشتمل على الأجسام التى أذابتها أثناء مرورها فى الهواء الجوى كالكلورور والكبريتات

ويختلف تركيب ماء التربة بالضرورة تبعا لكمية مياه الأمطار الحديثة السقوط عليها ولأحوال أخرى . ويغيض من مياه الامطار جزء عظيم فى باطن الأرض بتأثير الجذب الأرضى والضغط السطحى ، ثم يسيل جزء من هذا بما فيه من المواد الذائبة إلى المصارف ويبقى الآخر خلال التربة ، ثم يصعد جزء من هذا الى السطح بتأثير الضغط السطحى وهناك يأخذ فى التحوّل الى بخار فيصير أكثر تشبعا

وفى الأجواء الجافّة على الأخص يكون مقدار المواد الذائبة فى ماء الجزء العلوى من التربة أضعاف مقدارها فى ماء الرشح . ومتى ازداد تشبع السائل امتصت التربة بلا شك كثيرا من المواد الذائبة فيه . وبَخْر الماء الذى فى الطبقات العليا يتلوه صعود ماء آخر بخاصة الضغط السطحى فينجم عن ذلك جلب مقادير عظيمة من غذاء النبات والمواد الذائبة الأخرى الى تلك الطبقات (+)

(+) أى حيث توجد جذور النبات — المترجم

وقد يعظم فى الجهات الجافة تشبع الماء بالمواد الذائبة حتى تصير التربة غير صالحة لنمو النبات . وتعرف هذه الأراضى بأنها "مِلْحيّة" أو "قلوية"

ويختلف مقدار ما يضيع من مياه الأمطار بالرشح تبعا لعدة أمور منها كيفية توزع مياه الأمطار وقوة حفظ التربة للمياه وسرعة بخْرِ الماء من السطح الى غير ذلك

وليلاحظ أن مقدار الماء الذى يضيع بالبخْر فى الأرض المغطاة بالنبات النامى أكثر منه فى الأرض الجرداء

وقد ظهر من التجارب التى عملت فى رُثَمِسْتِد فى مدة عشرين سنة (من سنة ١٨٧٧ — ١٨٧٨ الى سنة ١٨٩٦ — ١٨٩٧) أن متوسط ماء الرشح من خلال ١٥٢ سنتيمترا من أرض خالية من النبات ٣٧ سنتيمترا حيث كان مقدار ما سقط من مياه الأمطار ٧٥ سنتيمترا فى العام

وفى السنين الكثيرة الأمطار يكثر ماء الرشح وتزيد نسبته الى الساقط من الأمطار . ففى سنة ١٨٧٨ — ١٨٧٩ كان مقدار ما سقط من المطر ١٠٤ سنتيمترات وما رشح ٦٢ سنتيمترا . وفى السنين القليلة الأمطار جدا يقل ماء الرشح وتصغر نسبته للساقط من الأمطار ففى سنة ١٨٩٧ — ١٨٩٨ كان مقدار ما سقط من المطر ٥٠ سنتيمترا وما رشح ١٦ سنتيمترا . وفى الأراضى المزروعة يكون ماء الرشح أقل منه فى غير المزروعة بمقدار كبير فقد ظهر من تجارب أُجريت فى فرنسا أن ماء الرشح بلغ فى أرض بورٍ ٢٩ سنتيمترا وفى أرض مشابهة لها مزروعة بطاطس ١٥ سنتيمترا

الخسارة الناشئة من الرشح — يحمل الماء الذى يرشح من الأرض معه دائما كمية من المواد ذائبة فيه . وأهم المركبات التى ينقلها الماء بهذه الكيفية الأزوتات . ومقدار ما يضيع منه فى الأرض التى لاتحمل زرعا أكثر منه فى الأرض المزروعة لأسباب عدة :

(أولها) ان الرشح أكثر فى الأرض التى ليس بها زرع

(ثانيها) عدم وجود جذور نباتية تمتص الأزوتات

(ثالثها) ان جفاف الأرض يكون بطيئا بسبب خلوها من الزرع فتبقى النداوة زمنا أكثر مما لو كان فيها زرع . وهذا يساعد الجراثيم على تكوين الأزوتات خصوصا اذا كان الجو جافا فان درجة الحرارة تكون اذن مرتفعة فى الغالب وهذا أكثر موافقة لتكوين الأزوتات

وقد تبين من التجارب التى أجريت فى رُثَمِسْتِد أن المتوسط السنوى لما ضاع من الأزوت فى ضمن الأزوتات من أرض لم تزرع عشرين سنة (من سنة ١٨٧٧ — ١٨٧٨ الى سنة ١٨٩٦ — ١٨٩٧) بلغ ٣٥,٣ رطلا مصريا فى كل فدان مصرى وهذا يعادل ٢٢١,٥ رطلا من أزوتات الصودا التجارية

على أن مقدار مايضيع من الأزوت يختلف باختلاف طبيعة الأرضين ففى جِرِجْنو بالقرب من باريس فى سنة ١٨٩٦ — ١٨٩٧ كان مقدار ما فقد من الأزوت من أرض بوْر ١٩٩ رطلا لكل فدان مصرى ، فى حين أن مقدار ما فقد من الأزوت من قطع مزروعة من الأرض عينها كان فى بعض الأحوال صغيرا جدا . فمن ذلك أن قطعا زرع فيها الحشيش الشّيْلمى لم تفقد الا ٢,٥ ط من كل فدان مصرى (*) وهناك مركبات أخرى يذهب بها ماء الرشح وهى أقل أهمية من الوجهة العملية وان كان مقدار ما يفقد منها كبيرا

وأكثر هذه المركبات ضياعا كربونات الكلسيوم . ويختلف مقدار ما يفقد منه باختلاف طبيعة الأرضين . وقد لاحظ بعض الباحثين فى أورُبّا أن الفدان من الأراضى التى فوق الصخور النارية يفقد نحو ٥٢٤ رطلا مصريا كل سنة

(*) يقصد بالخسارة المشار اليها ضياع الأزوتات وغيره بواسطة الرشح على أن هناك أحوالا خاصة تستمد فيها التربة مقادير عظيمة من الأزوت المركب بواسطة تثبيت بعض الجراثيم لأزوت الهواء كالأزوتو بكتر فتصير بذلك أوفر أزوتا على الرغم مما فقدته بالرشح (راجع الصفحة ٧١)

وأن الفدان من الأراضى الطباشيرية ربما يصل ما يفقده فى السنة الى ٢٨٣٠ رطلا مصريا . ولكن المقادير التى ظهرت من البحث فى انجلترا أقل من هذه

ومما ينبغى التنبه اليه أن التسميد بمركبات الأمنيوم يزيد مقدار ما يُفقد من كربونات الكلسيوم

ومن المواد التى تضيع بالرشح الحامض الفسفوريك ولكن مقدار ما يضيع منه قليل جدا على ما نظن الا فى الأراضى الدبالية فانها تفقد فى الغالب كثيرا من الحامض الفسفوريك وان كان مقداره فيها أقل من الضرورى

وسبب هذا على ما يظن خاصة الاذابة التى لثانى أكسيد الكربون والحوامض العضوية المتكونة من تعفن المواد الكربونية

وقد ظهر من التجارب الألمانية أن مقدار ما يفقده الفدان كل سنة من الحامض الفسفوريك يتراوح بين ٨,٥ رطل مصرى فى الأراضى الطينية و ٢٠,٥ ط فى الأراضى الدبالية . ومن المركبات التى تضيع أيضا بماء الرشح البوتسا والمقادير التى تُفقد منها تختلف كثيرا ولكنها لا تصل فى انجلترا الى حد من الأهمية بمكان الا فى النادر . نعم قد يحتوى ماء الرشح فى أحوال خاصة على مقادير ليست بالقليلة من المواد الذائبة فقد يصل ما يحتوى عليه الماء الراشح من البساتين التى وضعت فيها مقادير عظيمة جدا من الأسمدة الى ٨,٤ أجزاء من البوتسا و ٣٣ جزءًا من خامس أكسيد الفسفور (فو٢ ا٥) فى كل مليون جزء

تحليل التربة الزراعية — لا يعد اشتمال التربة على مقادير وافرة من المواد التى تكوّن غذاء النبات دليلا شافيا على خصبها ولو كانت الأحوال الطبيعية للأرض حسنة ، وذلك لأنه يجب أن تكون المواد الغذائية على حالة يسهل معها تغذى النبات بها وفى الغالب نجد أن تحليل التربة التام أى الذى يبين النسبة المئوية لكل جزء من أجزائها قليل الجدوى فى الحكم على خصب الأرض أو على نوع ماتحتاج اليه من الأسمدة

ولنذكر واقعة حال توضح هذا الموضوع :

تبين من تحليل قطعتين من أرض المرعى (ا ، ب) أنهما يشتملان على المقادير الآتية من المواد المختلفة :

اسم المادة	(ا) النسبة المئوية	(ب) النسبة المئوية
النداوة أو الرطوبة	٣٫١٣	١٫٧٠
النقص بالتكليس (الاحراق) ...	١٠٫٨٥	٧٫٧٩
الأزوت	٠٫٢٧٤	٠٫٢٤٧
المواد التى لم تذب	٦٧٫٣٨	٨٠٫٢٨
أكسيد الحديد والألومنيوم	١٥٫٦١	٨٫١٦
جير	٠٫٣٩	٠٫١٣
أكسيد المنجنزيوم (المجنزيا) ...	٠٫٣١	٠٫٢١
البوتسا	٠٫٨٦	٠٫٤٨
خامس أكسيد الفسفور (فو٢ ا٥)	٠٫١٥	٠٫١٢
مواد أخرى لم تُكشف	١٫٤٢	١٫١٣
المجموع	١٠٠٫٠٠ تقريبا	١٠٠٫٠٠ تقريبا

ومن هذه الأعداد يظهر جليا أن القطعة (ا) تحتوى على مقدار من الأزوت والجير وخامس أكسيد الفسفور أكثر من القطعة (ب) وقد يتبادر الى الذهن أن القطعة (ب) تحتاج الى مقدار من الجير وخامس أكسيد الفسفور أكثر مما تحتاج اليه (ا) ، ولكن التجارب التى عملت أظهرت عكس ذلك . فان سماد خبث المعادن الذى جله مكون من فسفات الكالسيوم والجير المنفرد يحدث فى محصول القطعة (ا) زيادة ظاهرة ولا يأتى بزيادة تستحق الذكر فى محصول (ب) ومن هذا يتبين أن الجير وخامس أكسيد الفسفور فى القطعة (ب) أكثر موافقة لتغذية جذور النبات ، وان قل مقدارهما عما فى القطعة (ا)

ولهذا السبب اقترح الدكتور دَايَر أن يبحث فى تحليل التربة عن مقدار الحامض الفسفوريك والبوتسا الذى يذوب فى محلول مشتمل على ١ ٪ من الحامض الليمونيك (الحامض السِّترِيك) ليكون ذلك مقياسا للصالح من هذين الجسمين لتغذية النبات . وانما اختار الدكتور دَايَر هذا المحلول المعين لأنه وجد أن حموضته تضارع حموضة عصارة الجذور والشعور الجذرية فى كثير من أنواع النبات

وباتباع هذه الطريقة فى تحليل القطعتين المتقدمتين وصلنا الى النتيجة الآتية :

اسم المادة	(ا) النسبة ٪	(ب) النسبة ٪
البوتسا "الصالحة للتغذية"	٠٫٠٠٦٢	٠٫٠٠٦٠
خامس أكسيد الفسفور "الصالح للتغذية"	٠٫٠٠٤٩	٠٫٠٢٠٥

ومن هذا يظهر جليا أن القطعة (ب) تفوق (ا) لاشتمالها على أكثر من أربعة أمثال ما تشتمل عليه من خامس أكسيد الفسفور الصالح للتغذية

وقد اقترح العلماء الزراعيون اعتبار ٠٫٠١ ٪ من الفسفات "الصالح للتغذية" ، ٠٫٠٠٥ ٪ من البوتسا "الصالحة للتغذية" أقل ما ينبغى أن تشتمل عليه الأرض الخصبة التى تنبت غالب المزروعات فاذا ظهر احتواء الأرض على أقل من ذلك علمنا أنها فى حاجة الى سماد يسد عَوَزها . ولكن ينبغى ألا يعزب عن الفكر أن النهاية الصغرى للخِصْب تختلف باختلاف المزروعات لأن المقادير التى تحتاج اليها من المواد الغذائية مختلفة كثيرا وكذلك قدرة المزروعات على الانتفاع بالغذاء

وخلاصة القول أن مقادير البوتسا والحامض الفسفوريك المستخرجة بواسطة محلول الحامض الستريك خير وسيلة كيميائية لتقدير خصب الأرض وما تحتاج اليه من هذين المركبين وان كانت لا تدل بالضبط على ما يستطيع النبات الحصول عليه منهما

ومما ينبغى التنبه اليه فى هذا الموضع اختلاف السرعة التى بها تصير المواد غير الصالحة للتغذية أغذية صالحة ، فقد ظهر فى بعض الأحوال أن الأرض التى جردت من أغذيتها الصالحة بمعالجتها زمنا طويلا بالسائل ذى ١ ٪ من الحامض السِّتْرِيك تكتسب فى زمن وجيز مقادير جديدة من الأغذية الصالحة متى بقيت فيها النداوة الضرورية

ومما يشك قليلا فى صحته أن تكوّن الأغذية الصالحة للنبات أسرع فى الأجواء الدافئة منه فى الباردة . ولهذا نرى أن وجود المقادير الصغيرة من الأغذية الصالحة قد يفى بما تحتاج اليه المزروعات فى الجهات الحارّة بسبب سرعة تكوّن هذه الأغذية . ولهذا السبب وغيره نجد أن أراضى الجهات الحارة أخصب غالبا من الأراضى الانجليزية ، وان برهن التحليل على أن الأُولى تحتوى على مقدار من الأغذية الصالحة للنبات أقل من الثانية

وليس فى وسعنا أن نأتى فى هذا الكتاب الصغير على طرق التحليل الزراعى ومن أراد شرحا مطوّلا فليراجع بعض الكتب الخاصة بها

الباب الرابع فى المياه الطبيعية

الماء النقى أو أكسيد الأيدروجين أى يد٢ ا لا يكاد يوجد طبيعيا فى الكون وذلك لأنه بما له من القدرة العظيمة على الاذابة يذيب جزءًا كبيرا أو صغيرا من كل جسم يلامسه . والمطر أنقى أنواعه الطبيعية وان كان لا يوجد تام النقاء أبدا ، اذ أنه يحتوى على كميات مختلفة من مواد ذائبة فيه كما تبين من جدول التحليل المتقدّم فى الصفحة ٣٩

ويحتوى ماء المطر زيادة على ما ذكرنا هنالك على غازات ذائبة فيه . ومتى وصل الى الأرض أخذ فى اذابة الأجسام التى سقط عليها . وفى الجهات التى يتكوّن سطحها من صخور نارية صُلبة يكون مقدار ما يذيبه الماء قليلا فى حين أنه اذا كان سطح الأرض مكوّنا من أحجار جيرية أو من طبقات طباشيرية تذوب فى الماء كميات عظيمة من كربونات الكلسيوم على الأخص ويبلغ ماء الرشح من التربة فى انجلترا نحو نصف المطر السنوى ويسيل جزء منه الى المجارى القريبة ومنها الى نهير أو نهر حتى يصل فى المنتهى الى البحر . ويغور جزء آخر منه فى الأرض حتى يصل الى طبقة حجرية غير مسامية كالطين المستحجر فيتراكم هناك حتى يصادف منفذا فى مكان أكثر انخفاضا فيخرج من سطح الأرض ينبوعا طبيعيا

وأنواع المياه الطبيعية أربعة :

(١) ماء المطر
(٢) ماء العين
(٣) ماء النهر
(٤) ماء البحر

(١) ماء المطر — قد شرحنا تركيبه وأوصافه فى الباب الثانى ونزيد الآن أنه يصير حامضا فى الجهات التى يُحرق فيها كثير من الفحم الحجرى وهو بهذه الحال خطر عظيم على نمو النبات خصوصا الحشائش وبعض الأشجار وفضلا عن تأثيره الضار بالأوراق الخضراء مباشرة يتلف التربة الأرضية بازالته كربونات الكلسيوم والمواد القلوية الأخرى ويعرقل نمو الكائنات العضوية المِجْهَرِيّة كبكتريا التأزت ويسبب الحامضية التى لا توافق أغلب النباتات النافعة . وفى كثير من الأحيان تصير أرض الحشائش مُنْجَرِدة تقريبا (غير صالحة للانبات) متى عُرِضت الى مياه الأمطار الحامضة . والحُمّاض آخر ما يهلك من نباتها

وقد ذكرنا فى الباب الثانى شيئا عن المركبات الأزوتية التى يجلبها ماء المطر الى الأرض (راجع الصفحات ٣٨ — ٤١)

(٢) ماء العَيْنِ — تختلف المياه النابعة من العيون كثيرا من حيث كنه الأجسام الذائبة فيها ومقاديرها فاذا قلت هذه المقادير ولم يكن الماء ذا رائحة قوية أو طعم شديد سمى "عذبا" واذا كثرت مقادير المواد الذائبة أو كان الماء ذا طعم أو رائحة أو خواص طبية سمى "مَعْدِنيًّا"

وغالب مياه العيون يشتمل على الأجسام الآتية بمقادير مختلفة :

(١) كربونات الكلسيوم وكربونات المَجْنزيوم ذائبين فى الماء بسبب احتوائه على مقدار كثير من ثانى أكسيد الكربون

(٢) كبريتات الكلسيوم أو المجنزيوم

(٣) كلورور الصديوم أو البوتسيوم

(٤) سلكات قلوية

(٥) غازات ذائبة — الأكسجين والأزوت وعلى الأخص ثانى أكسيد الكربون . أما كربونات الكلسيوم وكربونات المجنزيوم فيكادان لا يذوبان

فى الماء غير أنه اذا احتوى على ثانى أكسيد الكربون تكوّن منهما ثانى الكربونات الذى يذوب بسهولة وهاك المعادلة :

$$\text{كا ك ا}_3 + \text{يد}_2\text{ا} + \text{ك ا}_2 = \text{كا (يد ك ا}_3\text{)}_2$$

ثانى كربونات الكلسيوم

ويحدث هذا التفاعل على الأكثر فى البقاع المكوّنة من الأحجار الجيرية او الطبقات الطباشيرية . وبذوبان الصخور بهذه الكيفية تتكون تحت الأرض المجارى المائية والكهوف التى توجد كثيرا فى تلك البقاع

واذا أُغليت هذه المياه المعدنية تحال ثانى الكربونات وعاد الكربونات الأصلى فيرسب لأنه لا يذوب فى الماء ودونك معادلة هذا التغير :

$$\text{كا (يد ك ا}_3\text{)}_2 = \text{كا ك ا}_3 + \text{يد}_2\text{ا} + \text{ك ا}_2$$

ثانى كربونات الكالسيوم

وفى كثير من الأحيان يخلّف راسب كربونات الكلسيوم أو المجنزيوم طبقة ملتصقة تماما بقاع الاناء وجوانبه وتسمى "الأَرَى"

وأما كبريتات الكلسيوم والمجنزيوم فيذوبان فى الماء ومقدار ما يذوب من الأول ١٫٧ جرام فى اللتر

ويوصف الماء المشتمل على مركبات الكالسيوم أوالمجنزيوم بأنه "عَسِر" (+) كما يوصف الماء الذى لا يشتمل عليها بأنه "سَهْل" وللماء "العسر" تأثير خاص فى الصابون معروف

والصابون فى الحقيقة ملح صديومى لحامض دسم كالحامض الإِسْتِيَرِيك أى يد ك$_{18}$ يد$_{35}$ ا$_2$ وهذا الملح الصديومى أى إِسْتِيرات الصديوم يذوب

(+) المراد "بالعسر" الذى يَعْسُر ذوبان الصابون فيه و "بالسهل" الذى يَسْهُل ذوبان الصابون فيه — المترجم

فى الماء خلافا للأملاح الكالسيومية والمجنزيومية للحوامض الدسمة فانها لا تذوب فيه . ولأجل أن يكوّن المـاء مع الصابون رغوة أو بعبارة أخرى لأجل أن يصير المـاء صالحا للتنظيف تماما يجب أن يكون مذيبا لمقدار من الصابون .
وليلاحظ فى حالة الماء العسر أنه متى ذاب فيه قدر صغير من الصابون حدث تحلل مزدوج بين الصـابون ومركبات الكالسيوم والمجنزيوم فيتكوّن راسب حُبَيبِي كفُتات الجبن هو عبارة عن أملاح الكالسيوم أو المجنزيوم مع الحوامض الدسمة . وهاك معادلة تبين التفاعل :

٢ ص ك١٨ يد٣٥ أ٢ + كا كب أ٤ = كا (ك١٨ يد٣٥ أ٢)٢ + ص٢ كب أ٤

كبريتات الصديوم	استيرات الكالسيوم	كبريتات الكالسيوم	استيرات الصديوم

وبهذه الكيفية يزول ما ذاب من الصابون ويجب أن يذوب منه مقدار آخر حتى يكتسب الماء قوة التنظيف بتكوُّن الرغوة . ومن هـذا نرى أن المـاء "العسر" غير صالح للأغراض المنزلية خصوصا غسل الملابس وما شاكلها لأنه يستلزم استهلاك مقدار كبير من الصابون وفضلا عن هذا يخلف فى الأشياء المغسولة راسبا من حبوب جبنيـة هى عبارة عن صـابون الجير أو المجنزيا وكذلك لا يصلح المـاء "العسر" لتكوين البخار لأن ما يرسب من كربونات الكالسيوم أو كبريتـاته على جدران المِرْجل يزيد كمية الوقود اللازمة لتكوين مقدار معين من البخار . وهناك فرق بين المـاء المشتمل على ثانى كربونات الكالسيوم والمجنزيوم والمشتمل على كبريتاتهما . فالأول يوصف بكونه "مؤقت العُسْر" والثانى بكونه "دائم العُسْر" . وبازالة مقدار ثانى أكسيد الكربون الزائد من المـاء "المؤقت العسر" يرسب كربونات الكالسيوم والمجنزيوم (+) ولكن لا يمكن ترسيب الكبريتات من المـاء "الدائم العسر" بسهولة لذوبانه فى المـاء من غير واسطة

(+) لأن وجود هذا الغاز فى المـاء هو الذى يكسبه قدرة على إذابتهما — المترجم

والطريقة المعتادة لجعل الماء "المؤقت العسر" سهلا أن نضع فيه مقدارا من الجير المطفأ (كا يد٢ أ٢) كافيا للاتحاد مع ثانى اكسيد الكربون المنفرد وكذلك الموجود فى ضمن ثانى الكربونات فيتكوّن راسب يشتمل على كربونات الكالسيوم وكربونات المجنزيوم الذائبين من قبل فى الماء وعلى الكربونات المتكوّن من اتحاد الجير مع ثانى أكسيد الكربون المنفرد وهاك مثالا للتفاعل الذى يحدث :

كا (يد ك أ٣)٢ + كا يد٢ أ٢ = ٢ كا ك أ٣ + ٢ يد٢ أ

فاذا ترك المـاء حتى يهدأ نزل الكربونات الى القاع وصار الماء الذى فوقه خاليا من الكالسيوم والمجنزيوم وبذلك يصير "سهلا" ويحسن كثيرا للاستعمال فى التنظيف وتكوين البخار . ولا تخرج مركبات الكالسيوم ماء الشرب عن كونه مفيدا للبدن الا اذا كانت مقاديرها كثيرة ، بل ان المقادير المناسبة منها مفيدة فى الغالب للحيوان لأنهـا تمده بالجير الضرورى لتكوين أجزائه الصلبة كالعظام والمحار ولأنهـا تقيه التسمم بالرصاص وذلك لأن المـاء "السهل" خصوصا المشتمل على حوامض عضوية متكونة من تعفن المواد النباتية اذا وضع فى أنابيب من الرصاص أذاب منها مقدارا كافيا لتسمّ الحيوان اذا شرب منه . فاذا اشتمل المـاء على كبريتـات الكالسيوم منع ذلك حصول التسمم بسبب تكوّن كبريتات الرصاص الذى لا يذوب فى المـاء أبدا ، بل يكوّن طبقة تغطى سطح الأنابيب من الداخل فتحول بين المـاء والرصاص . وتعيين نوع المـادة العضوية والمقدار الموجود منها فى ماء الشرب أكثر أهميـة من تعيين مقدار المواد المعدنيـة ونوعها فيه . وليست المواد العضوية فى ذاتها خطرة ولكن ضررها راجع الى علاقتها بمـا يصحبهـا من الجراثيم المرضية واختلاط براز الحيوان بميـاه الشرب أكثر خطرا من سـائر أنواع المـادة العضـوية لأنه عرضـة للاحتواء على جراثيم الأمراض المختلفة كالتيفوُيد والكلرا . ولاشتمال المـادة العضوية الحيوانية على مقدار من الأزوت أكثر مما يحتوى عليه اغلب البقايا النباتية كان وجود مقدار كبير من الأزوت المتحد فى المـاء علامة كافية على اختلاطه بالبراز أو بمواد حيوانية أخرى سواء كان الأزوت المتحد فى ضمن مواد عضوية أو أملاح نشادرية أو أزوتات

وعلى العموم أن وجود مقدار كبير من المواد العضوية الناشئة من أصل حيوانى فى المـاء يدل دائمـا على خطر محدق من جراثيم الأمراض على كل حيوان يشرب ذلك المـاء . وسلامة الحيوان مع شربه منه عدة من السنين ليست دليلا على عدم وجود الخطر المحقق

ومن المركبات التى تدل على وجود البراز فى المـاء أيضا ملح الطعام . ولهذا كان احتواء المـاء على كثير من الكلور دليلا على اختلاطه بمواد برازية الا إذا كان المـاء فى أماكن قريبة من البحر أو كان فى مجراه صخور مشتملة على ملح الطعام . وهاك جدولا مبينا لنتيجة تحليل رُسْكو وشُرلِمر لنموذجين من ماء الشرب أحدهما جيد تمـاما والآخر ردىء جدا :

مايشتمل عليه المـاء	المـاء الجيد		المـاء الردىء	
	أجزاء فى المليون	حبات فى الجالون	أجزاء فى المليون	حبات فى الجالون
مجموع المواد الصلبة	٦٣	٤,٤	٥٣٠	٣٧,١
الأزوت ضمن الأزوتات والأزوتّيت	٠,٣٥	٠,٠١٧	٧,٨	٠,٥٤٦
غاز النشادر المنفرد	٠,٠٣	٠,٠٠٢	٤,٣٢	٠,٣٠٣
النشادر العضوى	٠,٠٧	٠,٠٠٥	٠,٩	٠,٠٦٣
الكلور	١١,٤	٠,٨	٦٩,٠٠	٤,٨
العُسْر المؤقت	—	٠,١	—	٧,٢
العُسر الدائم	—	٣,٤	—	١٤,٤
مجموع العُسْر	—	٣,٥	—	٢١,٦

والمقصود من "العسر" فى الجدول عدد حبات كربونات الكلسيوم المكافئة لمجموع أملاح المجنزيوم والكلسيوم فى جالون من المـاء . وقد قدمنا شرح كلمتى "مؤقت" و "دائم" والأعداد المبينة لها تدل أيضا على المقدار المكافئ من كربونات الكلسيوم مقدّرا بالقمحات فى الجالون الواحد

والمقصود من "النشادر العضوى" كمية غاز النشادر التى تصعد من المـاء عند تحليل المواد العضوية الأزوتية التى فيه بواسطة التقطير مع محلول من فوق منجنات (پِرْمَنْجَنَات) البوتسيوم القلوى

(٣) ماء النهر — تنشأ الأنهار غالبا من عيون مائية ولذلك تكون مياهها أولا مشابهة لمياه منابعها بيد أن النهر غالبا لا يلبث أن يستمد مقدارا عظيما من مياه سطح الأرض فيتغير بذلك تركيبه لأن هذه المياه تشتمل على مواد ذائبة أقل ممـا فى مياه العيون وعلى مواد عضوية وأجزاء معلقة أكثر مما فيها غالبا . على أن تركيب ماء النهر تابع على الأكثر لكُنْه الصخور التى يتجمع منها . فاذا كانت هذه صخورا نارية أو أحجارا رملية كان المـاء فى الغالب "سهلا" أما اذا كانت طباشيرية أو أحجارا جيرية فان المـاء يكون "عسرا" وبعض الأنهار كنهر التِّرِنْت مثلا يحتوى على كمية كبيرة من كبريتات الكلسيوم الذى تنسب اليه جودة الجعة (البيرة) المصنوعة فى برتُن

والجدول الآتى يشتمل على نتيجة تجارب رُسْكو وشُرلِمر ويبين متوسط تركيب المياه فى ثلاثة أنهار مشهورة . ومنه تتبين السهولة العظيمة فى ماء نهر الدِّى الذى يتجمع من الجهات الجرانيتية فى مقاطعة أبَردِين :

ما يشتمل عليه الماء	حبات فى كل جالون		
	نهر التاميز	نهر الترنت	نهر الدِّى
مجموع المواد الصلبة	٢٠،٨١	٥٠،٠٦	٣،٨٩
كربونات الكلسيوم	١٠،٨٠	٠،٣٢	٠،٨٥
كبريتات الكلسيوم	٣،٠٠	٢١،٥٥	٠،١٢
أزوتات الكلسيوم	٠،١٧	—	—
كربونات المجنزيوم	١،٢٥	٥،٦٦	٠،٣٦
كلورور الصديوم	١،٨٠	١٧،٦٣	٠،٧٢
السلكا (أكسيد السلسيوم)	٠،٥٦	٠،٧٢	٠،١٤
الأليومنا (اكسيد الألومنيوم) وأكسيد الحديد	٠،٢٧	٠،٥٠	٠،٠٦
فسفات الكلسيوم	شئ يسير	شئ يسير	شئ يسير
المواد العضوية	٢،٣٦	٣،٦٨	١،٥٤
العُشر	١٤،٠٠	٢٦،٥٠	١،٥٠

ويندر أن تحتوى مياه الأنهار على مقادير وافرة من كربونات الكلسيوم كما يحدث فى مياه بعض العيون وذلك لأن ملامسة مياه الأنهار للهواء تجعل مقدار ثانى أكسيد الكربون الذائب فيها أقل بكثير مما فى مياه العيون . والغالب فى مياه الأنهار أن يكون كبريتات الكلسيوم فيها مصحوبا بكلورور الصوديوم وأملاح المجنزيوم

ومما يوجب الأسف أن مياه الأنهار فى الجهات الآهلة بالسكان والكثيرة المصانع مختلطة بالمياه المنبعثة من المعامل وبالمواد البرازية الآتيـة من المدن والقرى ولذلك تصير فى الغالب فاسدة كريهة الرائحة ولا يخفى ما فى هذا من الايذاء والاضرار بالصحة فضلا عن الخسارة الكبيرة التى تلحق الناس من ضياع ما يحتوى عليه البراز من الأزوت المتحد والمواد السمادية الأخرى ذات القيمة العظيمة

ويختلف مقـدار المـادة العالقة بمياه الأنهار كثيرا تبعا لمقدار المطر وكنه الأراضى المحيطة بها ولأمور أخرى . وفى الغالب نجد المياه "السهلة" والمياه المحتوية على كربونات الصديوم كدرة فى حين أن المياه "العسرة" صـافية بسبب جنوح المواد الطينية التى فيها الى الرسوب

وفى اعتقادى أن السبب فى شدّة كدورة المياه فى كثير من مجارى أفريقية الجنوبية احتواؤها على كربونات الصديوم . وفى بعض الأحيان تكون المواد العالقة كثيرة جدا بحيث يصير لون الماء طينيا معتما فاذا ما فاض النهر رسبت مواد الطين الدقيقة المجلوبة من أعالى الوادى على شـكل طبقة تغطى سطح الأرض وتشتمل هذه الرواسب فى الغالب على مقادير عظيمة من أغذية النبات فهو من أجل ذلك سماد مفيد

وفى بلاد قليلة من انجلترا كالبلاد الواقعة على نهر الهَمْبَر والتِّرِنْت تعالج الأرض معالجة نظامية بمياه الفيضان لتزيد سمك الطبقة الطينية العليـا وهذا ما يعرف بالتنييل والأراضى الغرينية المتكونة بهـذه الكيفية عظيمة الخِصْب . ونيل مصر أحسن مثال للأنهار التى تستعمل لهذا الغرض

وفى الجهات التى يندر فيها سقوط المطر أو التى يكون توزعه فيها غيرمنتظم تروى الأرض من مياه الأنهار . ولما كان "الصرف" فى هذه الجهات قليلا كان من المهم معرفة تركيب الماء المستعمل للارواء لأنه إذا كان مذيبا لملح الطعام أو كبريتات الصديوم أو كربوناته كان سطح الأرض معرضا لخطر عظيم إذ أن استمرار تركز الماء يجعل الطبقة العليا مشتملة على مقدار عظيم من المواد الذائبة الى حد يعرقل كثيرا نمو النبات . وتسمى الأرض حينئذ "ملحية" أو "قلوية" والسبب المعتاد لهذا الصنف من الجدوبة كبريتات الصديوم وكلوروره . ويطلق على كل منهما اسم "القلوى الأبيض" أوكربونات الصديوم ويطلق عليه اسم "القلوى الأسود" . وكلها مستمدة من الأرض نفسها الا أن بعضها قد يستمد من ماء الرى

وللمزروعات المختلفة قوى متفاوتة على مقاومة ضرر هذه الأملاح . وعلى العموم نجد أن كربونات الصديوم أكثرها تغلبا على النبات وإضرارا به ، فى حين أن كبريتات الصديوم أقلها تأثيرا . ومن حسن الحظ أنه يمكن جعل كربونات الصديوم عديم الضرر تقريبا بوضع الجص فى الأرض فيحدث حينئذ تحلل مزدوج ويتكوّن كربونات الكلسيوم وكبريتات الصوديوم وهاك المعادلة :

$$\text{كا كب ا}_4 + \text{ص}_2\text{ ك ا}_3 = \text{ص}_2\text{ كب ا}_4 + \text{كا ك ا}_3$$

أما اذا كان "القلوى الأبيض" هو ملح الطعام فلا دواء للأرض إلا الصرف

وقد بيّنا فى الجدول الآتى نتيجة التجارب التى أجريت فى الولايات المتحدة بأمريكا ، حيث توجد أراض قلوية شاسعة فى أماكن متفرقة . ومنه نعلم النهاية العظمى لمقادير كلورور الصديوم وكبريتاته وكربوناته التى يجوز وجودها فى الأرض من غير إضرار بأنواع النبات المذكورة فى الجدول . والأرقام تبين مقادير الأملاح الثلاثة فى الأربعة الأقدام العليا من كل فدان مقدّرة بالأرطال الانجليزية :

اسم النبات	كلورور الصديوم	كبريتات الصديوم	كربونات الصديوم
العنب	٩٦٤٠	٤٠٨٠٠	٧٥٥٠
التين	٨٠٠	٢٤٤٨٠	١١٢٠
البرتقال	٣٣٦٠	١٨٠٠٠	٣٨٤٠
الكُمّثرى	١٣٦٠	١٧٨٠٠	١٧٦٠
التُّفاح	١٢٤٠	١٤٢٤٠	٦٤٠
الخَوخ	١٠٠٠	٩٦٠٠	٦٨٠
المشمِش	٩٦٠	٨٦٤٠	٤٨٠
اللَّيمون	٨٠٠	٤٤٨٠	٤٨٠
التُّوت	٢٢٤٠	٣٣٦٠	١٦٠
اليوكالِبتس	٢٩٦٠	٣٤٧٢٠	٢٧٢٠
الجُمّيز	٢٠٣٢٠	١٩٢٤٠	٣٢٠٠
النخل	—	٥٥٠٠	٢٨٠٠
بعض فصيلة الكِينوبُديُم من جنس نبات المُنْتِنة	١٢٥٢٠	١٢٥٦٤٠	١٨٥٦٠
برسيم حجازى كَبير العمر	٥٧٦٠	١٠٢٤٨٠	٢٣٦٠
« « صغير العمر	٧٦٠	١١١٢٠	—
بنجر السكر	٥٤٤٠	٥٢٦٤٠	٤٠٠٠
عباد الشمس	٥٤٤٠	٥٢٦٤٠	١٧٦٠
الفجل	٢٢٤٠	٥١٨٨٠	٨٧٢٠
الجَزر	٢٣٦٠	٢٤٨٨٠	١٢٤٠
الشَّيلم	١٧٢٠	٩٨٠٠	٩٦٠
القمح	١١٦٠	١٥١٢٠	١٤٨٠
الشعير	٥١٠٠	١٢٠٢٠	١٢١٧٠
التُّرمس	٣٠٤٠	٥٤٤٠	٢٧٢٠
الكَرَفس	٩٦٠٠	٤٠٨٠	—
الذُّرة البلدية	٩٦٨٠	٦١٨٤٠	٩٨٤٠

وقد اعتبر فى هـذا الجدول أن وزن طين الفـدان الى عمق أربعة أقدام ١٦٠٠٠٠٠٠ رطل انجـليزى أى أن وزنه إلى عمق قدم واحد ٤٠٠٠٠٠٠ رطل . وبنـاء على هذا يكون ١ ٪ من أى جزء من أجزاء التربة عبارة عن ٤٠٠٠٠ رطل فى الفدان الى عمق قدم واحد ويكون $\frac{١}{١٠}$ ٪ عبارة عن ٤٠٠٠ رطل وهكذا

(٤) ماء البحر — يختلف تركيب ماء البحر باختـلاف الأماكن بسبب مايصب فيه من مياه الأنهار وغيرها و يثبت على حالة واحدة بعيدا عن الشواطئ . ومتوسط مجموع المواد الصلبة ٣٦ جراما فى اللتر أو ٢٥٢٠ حبة فى الجالون . وقد حلل تُرُب ماء البحر الأرلندى فى سنة ١٨٧٠ فوجد المقادير الآتية فى ١٠٠٠ جرام :

اسم الجسم	جرامات
كلورور الصديوم	٢٦٫٤٣٩
« البوتسيوم	٠٫٧٤٦
« المجنزيوم	٣٫١٥٠
برومور «	٠٫٠٧١
كبريتات «	٢٫٠٦٦
كربونات «	آثار
أزوتات «	١٫٠٠٢
كبريتات الكلسيوم	٠٫٣٣٢
كربونات «	٠٫٠٤٨
كلورور الأمنيوم (كلورور النشادر)	٠٫٠٠٠٤
كربونات الحديدوز	٠٫٠٠٥
الحامض السّليسيك	آثار

وفى بعض البحيرات الملحة يزيد تركُّز المـاء بسـبب انفصالهـا عن البحر وقد يبلغ مجموع المواد الصلبة فى مائها سبعة أمثاله فى ماء البحر أو ثمانية أمثاله وهذا ما نجده فى مياه البحر الميت والبحيرات الكبيرة الملحة التى فى يُوتاه

علاقة المـاء بالحرارة — خواص المـاء الطبيعية خصوصا ما كان منها متعلقا بالحرارة ذات شأن عظيم ، ولذا ينبغى أن يكون المتعلم على بصيرة منها حتى يدرك العمل العظيم الذى يقوم به المـاء فى الكون

ولنشرع الآن فى بيانها فنقول :

يوصف المـاء النقى عادة بأنه عديم اللون ولكن البحث الدقيق يظهر لنا أن لون الطبقات السميكة منه أخضر ضـارب الى الزرقة . وهو موصـل ردىء للحرارة أى أن الحرارة تنتقل فيه من جزء الى آخر ببطء ، وما نراه عادة من سهولة تسخين كتلة من الماء ، خصوصا اذا كان منبع الحرارة تحت الاناء ، ناشئ من انتقال الحرارة "بالسريان" الذى يتميز تمـام التميز من "التوصيل" ونعنى بانتقـال الحرارة بالسريان أن تسخُن أجزاء المـاء التى هى أقرب الى منبـع الحرارة وتتمـدد فترتفع لخفتهـا وتهبط الأجزاء البـاردة من أعلى ومن الجوانب لتحل محلها ، فتحدث دورة فى المـاء بصعود الساخن منه وهبوط الأقل سخونة

الحرارة النوعية — حرارة المـاء النوعية عالية . ونعنى بهـذا أن رفع درجة حرارة كمية معينة من الماء درجات معينة يحتاج الى مقدار كبير من الحرارة بالنسـبة للأجسام الأخرى فمثلا الحرارة النوعية للمـاء أكبر كثيرا من الحرارة النوعية للزئبق . ويتضح هذا من التجربتين الآتيتين :

(١) اذا خلطنا كيلوجراما من ماء درجة حرارته ١٠٠° مئوية بآخر فى درجة الصفر المئوى كانت درجة حرارة المخلوط ٥٠° م تقريبا . ومن هذا نستنتج أن السخونة التى فقدها الكيلوجرام الأول أثناء انخفاض درجة حرارته ٥٠° م أى من ١٠٠° م الى ٥٠° م كانت كافية لرفع درجة حرارة الكيلوجرام الثانى ٥٠° م أى من الصفر الى ٥٠° م

(٢) اذا قلبنا كيلوجراما من ماء درجة حرارته ١٠٠° م فى كيلوجرام من الزئبق فى درجة الصفر المئوى كانت حرارة المخلوط المؤقت ٩٦,٧° م تقريبا ومن هذا نستنتج أن السخونة التى فقدها الكيلوجرام من الماء أثناء انخفاض درجة حرارته ٣,٣° ، أى من ١٠٠° الى ٩٦,٧° م ، رفعت درجة حرارة الكيلوجرام من الزئبق ٩٦,٧° م

ومن هاتين التجربتين يتضح لنا أن كمية الحرارة التى نحتاج اليها لرفع مقدار من الماء درجات معينة أكبر ثلاثين مرة مما نحتاج اليه لنرفع الى الدرجات عينها مقدارا من الزئبق يساوى الماء وزنا . ومن حيث ان الحرارة النوعية للماء متخذة وحدة تكون الحرارة النوعية للزئبق $\frac{1}{30}$ أو ٠,٠٣٣

وبناء على ماتقدم يمكننا أن نعرّف الحرارة النوعية لأى جسم بأنها النسبة بين كمية الحرارة التى نحتاج اليها لنرفع أى مقدار وزنى منه الى أى عدد من درجات الحرارة وبين كمية الحرارة التى نحتاج اليها لنرفع وزنا من الماء مساويا لذلك المقدار من الجسم الى عدد الدرجات الحرارية بعينها

ولما كانت حرارة الماء النوعية أكبر حرارة نوعية معروفة كانت الأعداد الدالة على الحرارة النوعية لما عدا الماء من الأجسام أقل من واحد وهاك جدولا يبين الحرارة النوعية لعدة من الأجسام المتداولة :

جدول الحرارة النوعية

اسم الجسم	الحرارة النوعية	اسم الجسم	الحرارة النوعية
الماء	١,٠٠٠	الزجاج...	٠,١٩٨
الكؤول	٠,٦٢٠	السلكا...	٠,١٨٩
عطر التّربنتينة...	٠,٤٢٦	الصلب	٠,١١٨
الجلسرين	٠,٥٥٥	النحاس	٠,٠٩٤
الحامض الكبريتيك ...	٠,٣٥٥	النحاس الأصفر	٠,٠٩٤
الدبال	٠,٤٧٧	القصدير	٠,٠٥٦
الطين	٠,٢٣٣	الزئبق	٠,٠٣٣
الألومنيوم	٠,٢١٤	الرصاص	٠,٠٣١
كربونات الكلسيوم ...	٠,٢٠٦		

ولتغير درجة الحرارة تأثير غريب فى حجم الماء فهو يماثل غالب الأجسام فى أنه يتمدد بالحرارة وينكمش بالبرودة ، غير أنه بالبحث الدقيق يتبين أن هذا الوصف مطابق للحقيقة فى بعض أحوال الماء فقط ، لأنه عند الدرجة ٤° م تقريبا يصل الى النهاية الكبرى لكثافته ويتمدد سواء سخن أو برد . فاذا استحال الى ثلج حدث تمدد فى حجمه (راجع الباب الثالث) . ويخالف الماء سائر الأجسام فى هذه الخاصة

وبسبب كون الماء يبلغ النهاية العظمى لكثافته عند الدرجة ٤° م تبقى مياه البحيرات غالبا حوالى هذه الدرجة فى أعماق بعيدة تحت الثلج ، وان كان الجو فى أبرد أحواله

الحرارة الكامنة — اذا جمد السائل انبعثت منه الحرارة وبالعكس اذا تحوّل الجسم الجامد الى سائل حدث امتصاص للحرارة

فاذا وضعنا فى اناء مقدارا من الثلج ولنفرض أن درجة حرارته — ١٠° م ثم وضعنا بين قطع الثلج مقياس درجة الحرارة (الترمومتر) وسلطنا الحرارة على الاناء شاهدنا أن درجة الحرارة ترتفع ببطء حتى تصل الى الصفر ، فيبتدئ ذوبان الثلج وتثبت درجة الحرارة عند الصفر حتى يذوب الثلج كله رغم كون كمية الحرارة المسلطة على الاناء لم تُغير . وكمية الحرارة التى تمتص بهذه الكيفية كبيرة وتساوى بالضبط كمية الحرارة التى انبعثت عند تكوّن الثلج من الماء السائل . ولأجل أن نتصور مقدار الحرارة التى يمتصها الثلج أثناء ذوبانه نضع فى كيلوجرام من ماء درجة حرارته ٨٠° م كيلوجراما من الثلج فى درجة الصفر المئوى ونقلبه فى الماء فنشاهد أن الثلج يذوب وأن السائل كله يصير فى درجة الصفر . ومن هذا نستنتج أن الحرارة اللازمة لذوبان كيلوجرام من الثلج فى درجة الصفر بدون أن ترتفع درجة حرارته تساوى كمية الحرارة الضرورية لرفع درجة حرارة كيلوجرام ماء من الصفر الى الدرجة ٨٠° م . أو بعبارة أخرى تساوى كمية الحرارة التى نحتاج اليها لنرفع ٨٠ كيلو جراما من الماء درجة واحدة مئوية . وهذه الحرارة التى امتصها الثلج أثناء ذوبانه تسمى "الحرارة الكامنة لذوبان الثلج" لكونها أى خفائها عن أن تقدّر بمقياس درجة الحرارة مباشرة . وهى تساوى ٨٠ وحدة حرارية كما تبين من التجربة المتقدّمة (+)

وبالعكس عند تحول الماء الى ثلج ينبعث من كل كيلوجرام منه حرارة تكفى لرفع ٨٠ كيلوجراما من الماء درجة مئوية

ومما تقدم يتبين السبب فى أن الثلج يتكوّن فى الجو البارد ببطء فوق سطح الماء وفى أن الثلج والصقيع يذوبان ببطء أيضا متى جاء الدفء

وهناك تغير آخر يظهر فى الماء بتحوله من سائل الى بخار . فاذا سخنا بانتظام مقدارا من الماء فى درجة الحرارة المعتادة ووضعنا فيه ترمومترا شاهدنا أن

(+) ويمكن تعريفها بأنها كمية الحرارة الضرورية لتحويل جرام من الثلج فى درجة الصفر المئوى الى ماء فى الدرجة عينها — المترجم

درجة الحرارة ترتفع باستمرار وهذا يدل دلالة واضحة على أن الحرارة تنصرف الى رفع درجة حرارة الماء . ويتوالى الارتفاع بحالة منتظمة تقريبا حتى تبلغ درجة الحرارة حوالى ١٠٠° م ثم تثبت على ذلك مهما زدنا كمية الحرارة المسلطة على الماء ، ولكن لا يلبث الماء أن يتحوّل ببطء الى بخار درجة حرارته عند صعوده من الماء هى نفس درجة حرارة الماء أى ١٠٠° م

وهذا دليل واضح على أن الحرارة التى سلطت على الماء قد انصرفت بعد بلوغه ١٠٠° م الى تصييره بخارا بدون احداث زيادة فى درجة حرارته وتسمى كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام من الماء فى درجة ١٠٠° م الى بخار فى الدرجة عينها "الحرارة الكامنة لبَخْر الماء أو للبخار" وهى كبيرة جدا اذ أنها تساوى ٥٣٦ أو بعبارة أخرى هى قدر كمية الحرارة التى ترفع جراما من الماء درجة واحدة ٥٣٦ مرة

وتسمى كمية الحرارة الضرورية لرفع جرام من الماء من الصفر المئوى الى ١° م "الوحدة الحرارية" أو "السُّعْر"

ولنطبق الآن ما علمناه عن الماء على ما نشاهده فى الكون فنقول :

يتحول الماء الى بخار فينتشر فى الهواء الجاف (أو فى أى غاز أو مكان غير متشبع ببخار الماء) على اختلاف درجة حرارته ومن حيث ان تحوّل الماء الى بخار يحتاج الى الحرارة الكامنة للبَخْر تكون كمية الحرارة التى تُمتص بهذه الكيفية كبيرة جدا . وهذا يفسر لنا كون الأشياء المبتلة تبرد متى عرّضت للهواء . وليس السبب فى ذلك أن الماء أبرد فى ذاته من الأجسام الأخرى ولكن السبب تحوّله الى بخار بامتصاصه الحرارة الضرورية لذلك من الأجسام المجاورة له . وكلما كان البخر سريعا كان انخفاض درجة الحرارة سريعا أيضا . وتزداد سرعة البَخْر بازدياد درجة الحرارة وبسرعة تجدّد الهواء المجاور للسطح المبتل بواسطة التيارات الهوائية أو الرياح مثلا . وليست الحرارة ضرورية لتحوّل الماء الى بخار فقط بل لتحوّل أى سائل الى بخار . ومع أن كمية الحرارة الضرورية

لهذا التحول تختلف باختلاف السوائل لا نجد بين السوائل ما تبلغ حرارة تَبَخْره فى العظم حرارةَ تَبَخْر الماء ولنورد التجربة الآتية برهانا قاطعا على امتصاص الحرارة عند تكوّن البخار :

اذا وضعنا فوق قطعة من الخشب تعلوها نقط قليلة من الماء كوبا من زجاج رقيق قد وضع فيه مقدار صغير من الأثير ثم نفخنا تيارا من الهواء فى الأثير بواسطة منفاخ فى طرفه أنبوبة ليتحوّل الى بخار بسرعة شاهدنا أن الماء الذى تحت الكوب يتحوّل الى ثلج فيلتصق الكوب بقطعة الخشب . وسبب هذا أن الأثير أثناء تحوّله الى بخار يمتص حرارة عظيمة من الكوب فيبرد الماء الذى تحتها حتى يصير ثلجا فى زمن قصير

وعظم حرارة الماء الكامنة وكذا عظم حرارته النوعية يؤديان الى أمور ذات شأن كبير فى الكون

فعظم كمية الحرارة النوعية للماء هو السبب فى اعتدال هواء الجهات القريبة من المياه الكثيرة . ولهذا كان مجال الاختلاف فى درجة الحرارة فى الجزائر والأماكن القريبة من شواطئ المياه الواسعة أقل منه فى غيرها من المواضع المتوغلة فى البر

وعظم الحرارة النوعية وعظم الحرارة الكامنة معا يجعلان الأرض المبتلة باردة ، فحرارة الشمس لا تسخنها الا قليلا لسببين :

(١) عظم كمية الحرارة النوعية للماء الذى فى الأرض

(٢) أن معظم حرارة الشمس يذهب لتحويل جزء من ماء الأرض الى بخار

ويزداد تأثير السبب الثانى اذا كانت الريح تهب فوق الأرض لأن ذلك يزيد فى سرعة تكوين البخار

الباب الخامس فى النبات

سنذكر فى هذا الباب شرحا مختصرا لوظائف أجزاء النبات المختلفة ونتبعه ببيان موجز لأهم المركبات الكيميائية المكونة للنبات . ومن أراد شرحا شافيا لكيفية تركّب النبات وتاريخ حياته فعليه أن يراجع كتابا خاصا بعلم النبات

الإنْبَات — البزرة فى الحقيقة جرثومة أودع معها غذاؤها . ومنها يتكوّن النبات الجديد . وتحتوى كل البزور على أجسام أزوتية معقدة التركيب تسمى "البُروتيِدات" وتحتوى أيضا على الكربوإيدرات (مائيات الكربون) أو على الأدهان كما تشتمل على مواد معدنية

ويمكن حفظ البزور مدّة من الزمن من غير أن يطرأ عليها تغير بشرط وقايتها من الرطوبة . والشروط الضرورية لانبات البزور هى :

(١) الرطوبة

(٢) الأكسچين

(٣) درجة الحرارة الموافقة للانبات

(٤) زوال ثانى أكسيد الكربون الذى يتكوّن من تحلل المواد الكربونية فى البزور

فمتى تحققت هذه الشروط حصل الانبات بسهولة من غير احتياج الى مواد معدنية أو مواد غذائية أخرى من الخارج ، وتمتص البزور الأكسچين فتنشأ الحرارة ويتكوّن ثانى أكسيد الكربون

المخمِّرات الجمادية أو الأنْزِيمات — هى أجسام تذوب فى الماء ولها قدرة على إحداث التغيرات الكيميائية فى الأجسام الأخرى من غير أن يلحقها هى أدنى تغير على ما يظهر

وتتكوّن هذه المخمرات فى البزور فتتحول النشا والمواد الأخرى غير القابلة للذوبان الى مواد سكرية أو مركبات أخرى قابلة للذوبان فتنتقل بسهولة الى السويق والجذير لينمو

ومتى برز السويق فوق سطح الأرض معرضا لضوء الشمس تكوّنت فيه المادة الخضراء (الكلوروفيل) فيصير من هذا الحين قادرا على تمثيل ثانى أكسيد الكربون الذى فى الهواء . ويتكوّن على الجذير فى زمن يسير وبر تمر منه المواد المعدنية والأزوتات الذائبة فى ماء التربة الأرضية الى داخل النبات

وأجزاء النبات الرئيسية هى الجذر والساق والأوراق والأزهار والبزور ولنتكلم على كل منها :

الجذر — الجذير الذى يخرج من البزرة ينمو فى اتجاه رأسى الى أسفل واتجاهه تابع للجذب الأرضى أو لتأثير قوة أخرى . ومتى استقر فى الأرض ونما حتى صار جذرا خرجت منه جذور جانبية . وبالقرب من الأجزاء النامية من الجذر توجد شعور جذرية ذات خلايا رقيقة الجدران تمتد بين أجزاء التربة فاذا ماغلظت تلك الأجزاء ماتت الشعور ولا توجد هذه بكثرة إلا على مقربة من الأطراف النامية من الجذر . ويغلب على الظن أن رقة جدران الشعور الجذرية لها دخل عظيم فى نمو النبات . ولا يدرك عمل الشعور الجذرية الا بفهم الظاهرتين المعروفتين ”بالانتشار“ و”الضغط الأزموزى“ وقد سبقت الاشارة الى الأول من هذين فى الباب الثالث ونزيد الآن أن ”المواد الغرائية“ تنتشر ببطء وهى ذائبة فى الماء وليس لها قدرة على النفوذ من المواد الغرائية غير القابلة للذوبان مثال ذلك الرق ، فى حين ان ”الأجسام المتبلورة“ تنتشر بسرعة وتنفذ من الأغشية الغرائية المتشبعة بالماء

ونفوذ الأجسام المتبلورة الذائبة من خلال الأغشية الغرائية هو عملية انتشار ويكون دائما من المحلول القوى الى الضعيف ويزول فى الظاهر فقط متى صارت قوة المحلولين على جانبى الغشاء واحدة

وبعض المواد يسمح بمرور السائل المذيب ويمنع الجسم المذاب من النفوذ اذا جعل فاصلا بين سائلين مختلفى القوة ، وتسمى هذه المواد ”شبه منفذة“ ولا نعلم من الأغشية ما هو ”شبه منفذ“ تماما ، ولكن فى الاستطاعة الحصول على غشاء يقرب من أن يكون كذلك . فاذا صنع من هذا الغشاء خلية وملئت بمحلول ووصلت بمانومتر (مقياس الضغط) ثم أقفلت ووضعت فى ماء شاهدنا أن الماء ينفذ الى داخل الخلية ولا يخرج شىء من المحلول الى الماء تقريبا ونتيجة هذا تكوّن ضغط داخل الخلية يساوى فى بعض الأحوال عدة ضغوط جوية ويسمى ”الضغط الأزموزى“ وقد شوهد أنه يقوى تبعا لشدة تركز المحلول وارتفاع درجة الحرارة . ويغلب على الظن أن الخلايا التى يتكوّن منها النبات أو بعبارة أدق أن البروتبلزم أو مادة الحياة التى فى داخل الخلايا النباتية ”شبه منفذ“ تقريبا . فاذا كانت الخلايا محاطة بسائل أقل تركزا من السائل الذى فى داخلها اكتسبت من ذلك السائل أكثر مما تفقد من سائلها وبهذا يزيد الضغط داخلها . واذا كان السائل الخارجى أكثر تركزا من الداخلى تفقد الخلايا من سائلها أكثر مما تجنيه من السائل الخارجى فتنكمش . وليست المادة الخلوية المتكوّنة منها جدران الخلايا ”شبه منفذ“ ولكنها تسمح للسوائل بالانتشار بسهولة وهى فى ذاتها صلبة تقريبا ، ولذا لا تنكمش مع البروتبلزم بل ينكمش هو عنها كما يظهر ذلك اذا نظرت الخلايا بالمجهر وهى مغمورة فى محلول من الملح ذى تركز خاص . وتعرف هذه الظاهرة ”بانكماش البروتبلزم“ (بلزمليسيز) وتؤدى الى موت النبات

وعلى الرغم من أن معظم أنسجة النبات يشتمل على مقادير عظيمة من الماء فى طور الحياة نجدها قوية حافظة لقوامها وما ذلك الا لانبعاج خلاياها وتوترها (+)

وخلاصة القول أن الصلابة والاستقامة فى سيقان النبات وأوراقه مسببان على الأكثر عن المقاومة الناشئة من صلابة جدر الخلايا وضغط البروتبلزم

(+) أى بسبب الضغط الداخلى — المترجم

المنبعج بالسائل الداخلى فاذا قل هـذا الانبعاج بنجر الماء الذى فى الخلايا مثلا ذبل النبات وضعفت قوّته واسترخى

والظاهرتان المتقدمتان أى ظاهرة انتشار المواد الذائبة ونفوذها من خلال الأغشية وظاهرة الضغط الأزموزى داخل الأغشية تخالف كل منهما الأخرى وان أمكن حدوثهما بمقدار صغير فى آن واحد . ويغلب على الظن أن مايحدث فى جذور النبات من هذا القبيل ، فان البروتبلزم يسمح "بالانتشار" قليلا وبهذا تنفذ المواد الذائبـة فى ماء الأرض الى داخل الخـلايا وتخرج بعض المواد الذائبة فى عصارة الخلايا الى الأرض وفى الوقت عينه يحصل "الضغط الأزموزى" لأن البروتبلزم "شبه منفذ" تقريبا كما قدمنا والسائل داخله أكثر تركزا من السائل خارجه ، وان كانت المواد الذائبة فيهما مختلفة كنها . ويظهر أثر الضغط الأزموزى جليا فى الضغط الجذرى الذى يشاهد فى النبات ويسبب سيلان العصارة النباتية من الساق اذا قطعت . وقد ثبت أن الضغط الجذرى يصل فى بعض الأحيان الى ضعف الضغط الجوى أو ثلاثة أمثاله

والخلاصة أن المواد المعدنيـة والأزوتات تدخل خلايا الجذور وشعورها بخاصة "الانتشار" . أما اندفاعها الى السيقان والأوراق فينشأ على الأكثر من الضغط الأزموزى الذى يحدث داخل الخلايا ، لا بواسطة هذه الأجسام المعدنية ، بل بواسطة السكر والمواد الكربونية الأخرى المكوّنة للعصارة ويغلب على الظن أن جزءًا من العصارة الحامضية يخرج من شـعور الجذور فى الوقت عينه الى التربة بخاصة الانتشار فيحدث تأثيرا عظيما فى اذابة الفسفات ومركبات البوتسا التى لا طاقة للماء وحده على اذابتها (*) وبذلك تصير هذه المركبات صالحة للنفوذ الى الخلايا بخاصة "الانتشار"

(*) قدمنا فى حاشية الصفحة ٥٣ أن المعتقد الآن أن ثانى أكسيد الكربون الذى تخرجه جذور النبات هو أعظم المؤثرات التى تذيب مالا يقوى الماء على اذابته من أجزاء التربة الأرضية وأن العصارة الحامضية ان كان لها تأثير أصلا فى اذابة هذه الأجزاء فليس ذلك الا تأثيرا يسيرا

الساق — هو الوصلة بين الجذور والأوراق وله فى كثير من الأحيان فوائد أخرى ففى بعض الأحوال يكون مخزنا للمواد المدخرة أو المواد التى أخذها النبات من الأرض وليس لها نفع

الأوراق — للأوراق فائدة عظيمة جدا فى الأعمـال الكيميائيـة الضرورية لحياة النبات فهى الموضع الذى يحدث فيه تمثيل المواد الكربونية وهى على الأرجح موضع تكوّن البروتيدات والأميدات من المركبات الكربونية والأزوتات والفسفات والكبريتات التى تدخل النبات من خلال الجذور . وتقوم الأوراق بوظيفة أخرى هامة هى عملية "البَخْر" التى بواسطتها يتخلص النبات مما يزيد عن حاجته من الماء الذى امتصته الجذور

والتغير الكيميائى الذى تمتاز به الحياة النباتية هو عملية "التمثيل" أى امتصاص ثانى أكسيد الكربون واستعمال كربونه فى تكوين المركبات الكربونية ثم طرد الأكسجين . والتمثيل من التغيرات الماصة للحرارة أعنى أن حدوثه يحتاج إلى طاقة . وهذه تستمد من الضوء لأن التمثيل لا يحصل إلا عند وجوده والمـادة النباتية الخضراء (الكلوروفيل) هى التى تمتص الضوء . وقد ظهر من التجارب أن الضوء الأحمر الذى تمتصه الأوراق تمـاما هو الذى يحدث أكبر مقدار من تمثيل ثانى أكسيد الكربون . والفجوات التى تحت بشرة الأوراق هى مقر هذه العملية ، فيدخل ثانى أكسيد الكربون اليها بخاصة "الانتشار" من خلال ثقوب صغيرة تعرف "بالمسام" وهى كثيرة العدد فى كل الأوراق وتوجد على السطح الأسفل خصوصا . ولسنا على علم بين من كنه التغير الذى به يمتص ثانى أكسيد الكربون ويطرد الأكسجين بواسطة الأوراق الخضراء فى ضوء الشمس . وقد اقترح بعض العلماء أن أول مركب يتكوّن هو الفُرمَلدِهيد أى ك يد٢ ا وذلك باتحاد ثانى أكسيد الكربون مع الماء وانفصال الأكسجين على مقتضى هذه المعادلة :

ك ا٢ + يد٢ ا = ك يد٢ ا + ا٢

وبمجرّد تكوّن الفرملدهيد يحصــل فيه "اتحاد جزيئى" أى أن جزيئات عدة منه يتحد بعضها مع بعض فيتكوّن من ذلك سكر على مقتضى هذه المعادلة :

$$\text{٦ ك يد}_{\text{٢}}\text{ ا} = \text{ك}_{\text{٦}}\text{ يد}_{\text{١٢}}\text{ ا}_{\text{٦}}$$

ولكن هذه المسألة لم تحل نهائيا . والظاهر أنه من المحتمل أن يكون سكر القصب أى $\text{ك}_{\text{١٢}}\text{ يد}_{\text{٢٢}}\text{ ا}_{\text{١١}}$ أوّل مايتكوّن فى كثير من أنواع النبات ، ومتى وصل مقداره فى العصارة حدّا معينا ابتدأت حبوب النّشا فى التكوّن . وهذا التغير بسيط جدا من الوجهة التركيبية ولكنا لا ندرى شيئا عن كيفية حدوثه وهاك بيانا تركيبيا له :

$$\underbrace{\text{ك}_{\text{١٢}}\text{ يد}_{\text{٢٢}}\text{ ا}_{\text{١١}}}_{\text{سكر القصب}} = \underbrace{\text{٢ ك}_{\text{٦}}\text{ يد}_{\text{١٠}}\text{ ا}_{\text{٥}}}_{\text{نشا}} + \text{يد}_{\text{٢}}\text{ ا}$$

ومتى قل مقدار السكر فى العصــارة النباتية عن حد معين ابتدأت حبوب النشا فى التحوّل الى سكر بتأثير نوع من المخمرات يعرف "بالدّيَسْتاز" وهذا التحوّل من الأهمية بمكان لانه لاينتقل فى النبات من جزء الى آخر إلا الأجسام المتبلورة الذائبة

وتؤدّى أوراق النبات وظائف أخرى هامة زيادة على تكوين الكربو إيدرات . من ذلك عملية "البَخْر" التى تحصل على الأكثر من خلال مسام الأوراق ، ولكن يغلب على الظن أن كل الأجزاء النباتية المعرضة للهواء تسمح بمرور شىء من بخار المــاء . وتتوقف سرعة البخر فى النبات على عدة أمور منها درجة الحرارة ودرجة رطوبة الهواء ومقدار الضوء الذى يصل الى النبات . وبسبب تحوّل المــاء فى الأوراق إلى بخار يقل الضغط فى الأجزاء العليا من النبات فيسهل ارتفاع الماء من أسفل إلى أعلى ، وبذلك يتكوّن تيار مستمر يحمل المواد الذائبة التى دخلت الجــذور حتى يصل بها إلى الأوراق فيتحوّل جل المــاء إلى بخار

وتتحول المواد الذائبة الى أجسام مغذية للنبات . ومقدار المــاء الذى يضيع "بالبَخْر" ، اذا كان المــاء الذى تمتصه الجذور ضعيف التركز ، أكثر مما اذا كان قويه (+)

وقد ظهر بالتجربة أن الشوفان يفقد بالبخر ٦٨٨ جراما من المــاء كلما تكوّن جرام من مادته الصلبة اذا زرع فى ماء مشتمل على ٠,٢٥ ٪ من المواد الغذائية و ٥١٥ جراما اذا احتوى المــاء على ٠,٣ ٪ من تلك المواد

وليس لنا علم بكيفية تكوّن البروتيدات ولكن من المرجح أن موضع تكوّنها الأوراق . والظاهر أن أول ما يحــدث هو تكوّن المركبات الأمينيّة من الكربو إيدرات والأزوتات ثم تتحوّل هذه المركبات الى بروتيدات . وقد دلت التجارب على أن الأوراق التى تقطع من كثير من أنواع النبات صباحا تحتوى على مقدار من النشا والمركبات الأزوتية أقل كثيرا ممــا تحتوى عليــه أوراق مشابهة لها قطعت فى المساء . وهذا دليل على أن النشا والبروتيدات التى تتكون أثناء النهار ينتقل بعضها أثناء الليل من الأوراق الى الأجزاء النباتية الأخرى ويغلب على الظن أنه لابد من تحوّل البروتيدات الى أميدات أو الى حوامض أمينية وكذا النشا الى سكر حتى يمكن انتقالها من خلية الى أخرى

الأزهار والبزور — تكوّن الأزهار والبزور هو آخر عمل فى حياة كثير من النباتات وفى زمن التزهير يكون تنفس النبات أى امتصاص الأكسجين واخراج ثانى أكسيد الكربون أكثر منه فى أى طور آخر من أطوار النمو . وقد زاد التنفس فى بعض الأحوال الى حد شوهد فيه ارتفاع بيّن فى درجة الحرارة

ويتنفس النبات فى جميع أطوار حياته على السواء ، بيد أن تنفسه يخفى فى النهار بسبب عملية "التمثيل" التى هى عكس عملية التنفس . وأنواع النبات التى تعيش سنتين كاللفت وبنجر الحقل (المَنْجُلْد) تدخر فى السنة الأولى من حياتها مقادير عظيمة من المواد المغذية لتنتفع بها أثناء السنة التالية فى تكوين الأزهار

(+) ليتمكن النبات من الحصول على القدر الضرورى لغذائه من المواد الذائبة — المترجم

والبزور . وتتجمع فى البزور أثناء تكونها كمية وافرة من المواد الغذائية التى تشتمل دائما على الزلاليات والفسفات والكبريت والبوتسيوم والكلور وغيرها من العناصر الضرورية لحياة النبات . وبهذه الكيفية تفقد السيقان والأوراق كثيرا من مركباتها المهمة . وتوجد المركبات الكربونية فى البزور على شكل كربوإيدرات (نشا غالبا) وعلى شكل مواد دسمة . وغالب البزور يحتوى على أحد النوعين ولكن البعض يشتمل عليهما معا

شروط نمو النبات — اذا صرفنا النظر عن شرطى توافر الغذاء والماء كانت درجة الحرارة من غير شك أهم شروط النمو . ولكل نبات ثلاث درجات حرارية ينمو فى كل منها ، وهى :

الدرجة الكبرى ، والدرجة الصغرى ، والدرجة الوسطى وهى خيرها

أما الدرجات التى فوق الكبرى والتى تحت الصغرى فانها ، وان لم تكن حتما مهلكة للنبات ، تمنع نموه وفى كثير من الأحيان تؤخر سرعة النمو كثيرا مدة من الزمن بعد تحسن درجة الحرارة . وتختلف الدرجات المتقدمة كثيرا باختلاف أنواع النبات ولكن الغالب أن تكون الدرجة الوسطى حول ٣٢° مئوية وأن تكون الدرجة الكبرى ٣٩° الى ٤٣° والصغرى بين ٧ و ٨° مئوية

وفى جميع الأحوال يزداد نمو النبات كلما ارتفعت درجة الحرارة عن النهاية الصغرى ، وتكون الزيادة فى النمو قليلة فى المبدأ ثم تكثر حتى تصل الحرارة الى الدرجة الوسطى ، ثم يضعف النمو بسرعة حتى تصل درجة الحرارة الى النهاية الكبرى

ولا تصل درجة الحرارة فى المناطق المعتدلة الى النهاية الكبرى لنمو غالب أنواع النبات ، وان حصل ذلك فهو نادر جدا ، ولذلك نجد أن النمو يزداد على العموم فى هذه المناطق كلما ارتفعت درجة الحرارة . ومن حسن الحظ أيضا فى هذه الأجواء أن مدى تغير درجة الحرارة أثناء اليوم ليس كثيرا ولذلك يندر

فى فصل النمو أن يبرد النبات الى النهاية الصغرى أو ترتفع درجة حرارته الى النهاية الكبرى ، ويكون نموه أعظم كلما طال الزمن الذى تكون فيه درجة الحرارة قريبة من الدرجة الوسطى . وفضلا عن هذا فان الحر الشديد والبرد القارس اللذين يعطلان النمو معدومان فى هذه الأجواء

أما المناطق الحارة ، خصوصا ما كان منها مرتفعا كثيرا متوغلا داخل البر ، فالأحوال فيها مخالفة لذلك لأن مدى تغير درجة الحرارة أثناء اليوم كبير جدا فيها فقد تقل درجة حرارة الأرض عن النهاية الصغرى فى الليل وعند طلوع النهار خصوصا . وقد تزيد فى الهاجرة كثيرا جدا عن النهاية الكبرى للنمو ونتيجة هذا أن النبات ، وان مرت به درجة الحرارة الوسطى مرتين فى كل أربع وعشرين ساعة ، لا تمكث درجة حرارته قريبا منها إلا زمنا قصيرا . على أن النبات لا يستطيع الانتفاع من ذلك الزمن لما يناله من الاضطراب الناجم عن التغير الفجائى فى درجة الحرارة . ويزعم بعض الناس أن حجب شمس الصباح فى البلاد الحارة كأفريقية الجنوبية يسبب ضررا كبيرا لكثير من أنواع النبات . وقد أدى هذا الى الاعتقاد بأن لأشعة الشمس عند شروقها خاصة غريبة موافقة لحياة النبات . غير أنه يمكن ارجاع الفائدة التى تنجم عن أشعة الشمس هذه الى تأثير درجة الحرارة التى تحدث منها . ويتضح هذا من التجربة الآتية التى أجريتُها فى أفريقية الجنوبية :

شاهدت عند وضع مقياس درجة الحرارة فوق أرض حجبت عن أشعة الشمس عند طلوعها أن درجة الحرارة ، التى كانت ٦° م عند الساعة ٦ و ٣٠ دقيقة صباحا ، ارتفعت ببطء كثير حتى بلغت ما يقرب من ١٦° م عند الساعة ٩ و ٣٠ دقيقة صباحا . ولما رفع الحجاب علت درجة الحرارة بسرعة عظيمة الى ٢٨° م وزادت بعد ذلك شيئا فشيئا حتى بلغت ٣٧° م عند الساعة ١١ قبل الظهر . وفى الوقت عينه شاهدت أن درجة حرارة النبات الذى سقطت عليه أشعة شمس الصباح مباشرة ارتفعت من ٦° م عند الساعة ٦

و ٣٠ دقيقة الى ١١° م عند الساعة ٧ و ١٥ دقيقة ثم الى ١٦° م عند الساعة ٨ ثم الى ٢١° م عند الساعة ٨ و ٤٥ دقيقة ثم الى ٢٥,٥° م عند الساعة ٩ و ١٥ دقيقة ثم الى ٢٨° م عند الساعة ٩ و ٣٠ دقيقة ثم زادت بالتدريج حتى بلغت ٣٧° عند الساعة ١١ قبل الظهر . ومن هذه التجربة يتضح أن نبات الأرض المعرضة لأشعة شمس الصباح يستفيد فائدتين :

الأولى — كون درجة حرارته تعلو بالتدريج أثناء التحول من الدرجة العظيمة الانخفاض مدة الليل الى الدرجة العظيمة الارتفاع مدة النهار (+)

الثانية — ان درجة حرارته تبقى قريبة من الدرجة الوسطى زمنا طويلا بخلاف نبات الأرض المحجوبة ، وكلتا هاتين الحالتين أكثر موافقة لنمو النبات . ولا مشاحة فى أن كثيرا من أنواع النبات فى قطر كبلاد الترنسفال يقاسى ضررا كبيرا من وهج الشمس وما يلازمه من الحرارة ، وأنه فى بلاد كانجلترا ، يقل فيها سطوع الشمس ، قلما تصل درجة حرارة النبات الى الدرجة الوسطى . ومن المرجح أن النبات فى هذه الحال لا تتعدى حرارته الدرجة العظمى لنموه أبدا

المركبات المكوِّنة لجسم النبات — تكلمنا فيما سبق على العناصر الداخلة فى تركيب النبات وسنشرح هنا ما هو أهم من ذلك أعنى المركبات الكيميائية التى فى جسم النبات وهذه يمكن تقسيمها بالكيفية الآتية تسهيلا للفهم :

مواد غير أزوتية	مواد أزوتية
(١) الكربوإيدرات	(٦) البروتيدات أو الألبيومينُيْدات
(٢) الأدهان والشموع	(٧) الأميدات والمركبات الأمينيّة
(٣) الزيوت الطيارة والراتينجيّات	(٨) الألكليْدات
(٤) الحوامض العضوية وأملاحها	(٩) الكلوروفيل والمواد الملونة الأخرى
(٥) الأملاح المعدنية	

(+) فلا يضعف النمو بمفاجأة الحرّ بخلاف نبات الأرض المحجوبة — المترجم

ولنشرح كل نوع منها على سبيل الايجاز :

الكربوإيدرات

يدخل تحت هذا الاسم مركبات عدة يحتوى كل منها على الكربون والأيدروجين والأكسجين والنسبة بين هذين الأخيرين ١ الى ٨ بالوزن وهى النسبة بينهما فى الماء . والجزىء من غالب هذه المركبات يشتمل على خمس ذرات من الكربون أو ست أو مضاعفات هذين العددين ، ويمكن تقسيمها قسمين :

(ا) النشويات أو الأَميلوسات أو اليُليسكَّرُوسات

(ب) السكريات

ولنتكلم على كل منهما فنقول :

(ا) النشويات — هى مركبات يعبر عنها عادة بالقانون ك$_{٦}$ يد$_{١٠}$ ا$_{٥}$ ولكن جزيئاتها أكثر تعقيدا مما يدل عليه هذا القانون ، ولذلك كان الأقرب الى الصواب أن يعبر عن تركيبها بالقانون (ك$_{٦}$ يد$_{١٠}$ ا$_{٥}$) د الذى يدل فيه الحرف د على عدد كبير

وأهم المركبات التى تدخل تحت هذا القسم هى :

(١) النشا	(٣) الدِّكسترين
(٢) الجليكوجين	(٤) السِّليلُوس (المادة الخلويّة)

النشا — يوجد النشا بمقادير كبيرة بين المركبات التى يكوّنها النبات ، وفائدته أنه يدخر ليكون غذاء للأجزاء النامية وهو على شكل حبوب منتظمة التركيب ذات أشكال وحجوم تختلف باختلاف أنواع النبات . ولايذوب النشا فى الماء البارد ولكنه متى سخن فى الماء الى درجة تتردد بين ٦٠° و ٧٠° م انفجرت حبوبه وكوّنت مع الماء سائلا لزجا يكاد يكون شفافا وهو ما يسمى بمطبوخ النشا أو عجينه . واليود المنفصل يلوّن النشا بالزرقة الناصعة

الجليكوجين — هو مثل النشا تركيبا ويوجد فى الحيوانات وعلى الخصوص فى أكبادها ولذا يعبر عنه أحيانا بالنشا الحيوانى وهو جسم صلب أبيض يذوب فى الماء ويلونه اليود بالحمرة

الدِّكْسترِين — يتكوّن هذا المركب من النشا اذا سخن الى ٢٢٠° م تقريبا ويذوب فى الماء بسهولة ولا يتلوّن بالزرقة مع اليود ، ويستخلص فى الصناعة لالصاق الأجسام ويسمى أحيانا "الصمغ الانجليزى"

السِّلْيُلُوس — توجد منه كميات وافرة فى أوراق النبات وسيقانه وجذوره وهو مختلط بأجسام أخرى ولكن يسهل فصله منها غالبا ، لأن جل عوامل التفاعل لا يؤثر فيه . ويمكن استخلاصه بمعالجة المنسوجات النباتية بالمواد الآتية على الترتيب :

الكلور ثم القلويات الكاوية ثم الحوامض المخففة ثم الماء ثم الكؤل ثم الأَتير . فيبقى بعد هذه المعالجة سِلْيُلوس نقى تقريبا . وهو جسم أبيض لا يؤثر فيه إلا القليل من المحللات والمذيبات ، مثل محلول كلورور الزنك ومحلول أكسيد النحاس النشادرى . ويؤثر الحامض الأزوتيك فى السليلوس فيحوله الى نِيتْرُو سِلْيُلُوسات كالقطن البارودى أى $ك_{٦} يد_{٧} (ز ا_{٣})_{٣} ا_{٢}$ والكُلُّدْيون أى $ك_{٦} يد_{٨} (ز ا_{٣})_{٢} ا_{٣}$

ويصنع ورق الرق أو البَرْشِمْنت أيضا من السليلوس بغمر الورق غير المصقول فى الحامض الكبريتيك القوى ثم غسله بالماء . والظاهر أن أهم ما يحصل من التغير بهذا العمل من قبيل تغير الخواص الطبيعية للسِّلْيُلوس

واذا أغلى الحامض الكبريتيك المخفف زمنا طويلا مع مادة سلْيُلُوسية كورق الترشيح والخرق الكتّانية والقطنية تحول السِّلْيُلُوس الى دِكْستِرين ودِكْسْترُوز (سكر العنب)

ويحتوى النبات على أجسام تشابه النَّشَوِيَّات فى كثير من الوجوه تسمى البِنْتُزانات وقانون تركيبها ($ك_{٥} يد_{٨} ا_{٤}$) ن وأهمها "الأَرَبان" و "الزَّيْلان" ومن خواصها أنها اذا أغليت مع الحوامض المخففة كونت مركبات تشبه السكر يطلق عليها جميعا اسم "البِنْتُوزات" وقانونها $ك_{٥} يد_{١٠} ا_{٥}$ ، فمثلا يتكون من الارَبَان الأَرَبِينُوس ومن الزَّيْلان الزَّيْلُوس

وتوجد البِنْتُزانات بكثرة فى عدد كبير من النباتات وهى على الخصوص وافرة فى صموغ الأخشاب ويبلغ مقدارها فيها ٦٠ الى ٩٢ ٪ وهى وافرة أيضا فى التبن ويشتمل منها على ١٦ الى ٢٧ ٪ وفى النخالة وفيها ٢٢ الى ٢٥ ٪ وفى الحبوب المستعملة فى عمل الجعة وفيها ٢٧ الى ٣١ ٪ وفى حشائش المرعى المجففة وتشتمل على ١٦ الى ١٨ ٪ .

ويغلب على الظن أن البِنْتُزانات والبِنْتُوزات ليست قابلة للهضم . وهى اذا عولجت بالحامض الكلوردريك القوى فى درجة الغليان تحولت الى فَرْفُيورول أى $ك_{٥} يد_{٤} ا_{٢}$ وهاك معادلة توضح ذلك :

$$ك_{٥} يد_{١٠} ا_{٥} = ك_{٤} يد_{٣} ا و ك يد ا + ٣ يد_{٢} ا$$

أَرَبِينُوس	فَرْفُيورول	ماء

ومن الأجسام التى توجد مع السِّلْيُلوس فى السيقان والأجزاء الخشبية الأخرى "اللِّجْنوس" أو "اللِّجْنون" وهو جسم يمكن اعتباره ناتجا من السِّلْيُلوس بازالة الماء منه هكذا :

٢ ك$_{٦}$ يد$_{١٠}$ ا$_{٥}$ = ك$_{١٢}$ يد$_{١٨}$ ا$_{٩}$ + يد$_{٢}$ ا

سِلْيُلوس — لِجْنوسِلْيُلوس

وفى السيقان والجذور وعصارة الفواكه الى غير ذلك أجسام قابلة للتعقد تتحول بسهولة الى مواد غَروية وتعرف "بالأجسام البِكْتِينِيَّة" وتركيبها غير معروف . وهى شبيهة بالكربو إيدرات إلا أنه ليس من المحقق أن نسبة الأكسچين فيها للأيدروچين ٨ الى ١ بالضبط

(ب) السُّكَّرِيَّات — هى أنواع كثيرة من أراد الاطلاع عليها فليراجع بعض الكتب المؤلفة فى الكيمياء العضوية . وسنذكر هنا أهمها على سبيل الايجاز :

(١) سكر القصب أو السَّكَرُوس (ك$_{١٢}$ يد$_{٢٢}$ ا$_{١١}$)— يوجد فى كثير من أنواع النبات فى العصارة الحلوية غالبا وهو وافر الكمية فى عصارة قصب السكر التى تشتمل منه على ما يتردد بين ١٦ ./. و ١٨ ./. وفى عصارة بنجر السكر التى تحتوى منه على ما يتردد بين ١٠ ./. و١٨ ./. وفى عصارة شجر الإسفندان السُّكَّرى الذى يسمى باللسان النباتى إيسَر سَكَرِينَم . وينصهر سكر القصب متى وصلت حرارته الى ١٦٠° م . ويصير أسفع (بنىّ اللون) حوالى ١٩٠° م . ولا يختزل أملاح النحاس لكنه يحوّل الضوء المُسْتَقْطَب ذات اليمين . ويستحيل سكر القصب بتأثير بعض المخمرات (الإنزيمات) "كالإنفرتاس" الموجود فى الخميرة أو بالاغلاء مع الحوامض المخففة الى مخلوط مكوّن من سكر الفواكه وسكر العنب ويعرف هذا التحوّل "بالانقلاب"

(٢) سكر اللبن أو اللَّكْتُوس (ك$_{١٢}$ يد$_{٢٢}$ ا$_{١١}$ + يد$_{٢}$ ا) وسيأتى شرحه فى الباب العاشر.

(٣) سكر العنب أو الدِّكْسترُوس أو الجُلُوكُوس (ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$) ويوجد فى أنواع كثيرة من الفواكه ويمكن الحصول عليه باغلاء النشا أو السِّلْيُلوس مع الحامض الكبريتيك المخفف . وفى سكر العنب قدرة على اختزال المحلولات القلوية للأملاح النحاسية وعلى توجيه الضوء المُسْتَقْطَب ذات اليمين

(٤) سكر الفواكه أو اللِّفْيُلوس أو الفِرَكتُوس — قانونه النسبي مثل قانون سكر العنب أى ك$_{٦}$ يد$_{١٢}$ ا$_{٦}$ ، غير أنه يدير الضوء المستقطب ذات الشمال كثيرا . ويوجد فى كثير من أنواع الفواكه ويشابه الجُلُوكُوس واللَّكْتُوس والمَلْتُوس (الذى قانونه ك$_{١٢}$ يد$_{٢٢}$ ا$_{١١}$ + يد$_{٢}$ ا ويتكون من تأثير الدِّيَسْتاز فى النشا) فى أنه يختزل المحلولات القلوية لأملاح النحاس الى أكسيد النحاسوز الأحمر

وسكر اللبن والعنب والفواكه أقل حلاوة من سكر القصب بكثير

الأدهان والشموع

الأدهان — تركيبها معروف بالضبط تقريبا وتشبه الكربو إيدرات فى اشتمالها على الكربون والأيدروچين والأكسچين فقط الا أن مقدار الأكسچين فيها أقل منه فى الكربو إيدرات ، ولهذا كانت الأدهان قابلة للاتحاد مع مقدار من الأكسچين أكبر بكثير مما تتحد معه الكربوايدرات . ويتولد من هذا التأكسد مقدار عظيم من الحرارة التى هى نوع من أنواع الطاقة

ويمكن اعتبار كل الأدهان الحقيقية متكوّنة من اتحاد الحوامض العضوية مع "أصل" عضوى قلوى يسمى الجلسريل (ك$_{٣}$ يد$_{٥}$) وهو "أصل" ثلاثى القوة الذرية تركيبه البيانى هكذا :

يد
|
يد — ك —
|
يد — ك —
|
يد — ك —
|
يد

فبناء على هذا يكون تركيب إستيرات الجلسرين هكذا :

$ك_{3}\ يد_{5}\ (ك_{18}\ يد_{35}\ ا_{2})_{3}$

ويوجد الجلسريل فى كل الأدهان الحقيقيــة ولكن الحوامض العضوية المتحدة معـه تختلف باختلاف أنواع الأدهان وهى فى الغـالب ذات وزن جزيئى كبير . وكثير منها من نوع " الحوامض الدسمة المشبعة " التى أبسطها الحامض الفرميك (الحامض النمليك) وقانونه التصويرى :

يد
|
ا = ك — ا — يد

ومن هذا الحامض تتكون " سلسلة حوامض دسمة " بواسطة استبدال الأيدروچين على التتابع بالأصول ك $يد_{3}$ ، $ك_{2}\ يد_{5}$ ، $ك_{3}\ يد_{7}$ وهكذا :

فمن هذه الحوامض الحامض الخليك أى :

يد
|
يد — ك — يد
|
ا = ك — ا — يد

والحامض البيوتريك أى :

يد
|
يد — ك — يد
|
يد — ك — يد
|
يد — ك — يد
|
ا = ك — ا — يد

والقانون العام لحوامض هذه السلسلة هو :

$ك_{ن}\ يد_{٢ن+١}$, ك ا ا يد

وكلها مشبعة لأن كل ذرة من ذرات الكربون فيها متحدة بواسطة أربع روابط مع ذرات أخرى فلا يمكن اتحاد هذه المركبات مع غيرها باضافة ذرات الى ذراتها . أما الزيوت فجل ما تتكون منه حوامض ذات وزن جزيئى كبير كالحامض الكبريك الذى يوجد فى زيت جوز الهند وقانونه $ك_{9}\ يد_{19}$,ك ا ا يد والحامض المرستيك ويوجد فى زيت جوز الهند أيضا وقانونه $ك_{10}\ يد_{21}$,ك ا ا يد والحامض البلمتيك الذى يوجد فى زيت النخيل وقانونه $ك_{15}\ يد_{31}$,ك ا ا يد والحامض الإستيريك الذى يوجد فى كثير من الزيوت وقانونه $ك_{17}\ يد_{35}$,ك ا ا يد

وتوجد هــذه الحوامض الدسمة المشــبعة فى الزيوت على حالة اتحاد مع " الجلسريل " . ويشتمل كثير من الزيوت أيضا على حوامض دسمة " غير مشبعة " وهى التى تشتمل على ذرتين أو أكثر من ذرات الكربون مرتبطة معا بواسطة " وصلتين " وهذه الحوامض قابلة للاتحاد مع الأجسام الأخرى باضافة ذرات الى ذراتها ، فتتحد مثلا مع الأكسچين والكلور واليود ومن أمثلتها الحوامض الآتية :

الحامض الكُرُوتونيك أى لـك٣ يد٥ , لـك ا ا يد ويوجد فى زيت الكُرُوتون

والحامض الأُولاييك أى لـك١٧ يد٣٣ , لـك ا ا يد فى زيت الزيتون وغيره من الزيوت

والحامض البِرَاسِيك أى لـك٢١ يد٤١ , لـك ا ا يد فى زيت بزور السَّلْجم (زيت الكُلْزا)

والحامض الرِّسينوليك أى لـك١٧ يد٣٢ (ا يد) , لـك ا ا يد فى زيت الخروع

وتركيب كل هذه الحوامض تابع للقانون العام لـكن يد٢ن-١ , لـك ا ا يد وفيها زوج واحد من ذرات الكربون مرتبط "ارتباطا مزدوجا" . وهناك حامض آخر يسمى الحامض اللنوليك وقانونه لـك١٧ يد٣١ , لـك ا ا يد . وهو تابع للقانون العام لـكن يد٢ن-٣ , لـك ا ا يد وفيه زوجان من ذرات الكربون مرتبطان "ارتباطا مزدوجا" ويوجد فى زيت بزر الكتان وفى زيوت أخرى

وهناك حامض آخر أقل تشبعا مما تقدم وهو الحامض اللنُولِينيك أى لـك١٧ يد٢٩ , لـك ا ا يد وهو تابع للقانون العام لـكن يد٢ن-٥ , لـك ا ا يد وفيه ثلاثة أزواج من ذرات الكربون مرتبطة "ارتباطا مزدوجا" ويوجد أيضا فى زيت بزر الكتان

والزيوت المشتملة على مركبات الجلسريل مع الحوامض الدسمة غير المشبعة تميل الى امتصاص الأكسجين من الهواء فتصير مادة غروية صلبة أو متماسكة

وشدّة هذه الخاصة تابعة لزيادة عدد الأزواج الكربونية المرتبطة "ارتباطا مزدوجا" فى الجزيئات

والزيوت المشتملة على حوامض مشبعة فقط أو على حوامض ذات زوج واحد من الكربون مرتبط ارتباطا مزدوجا كالحامض الأُولاييك تعرف "بالزيوت غير القابلة للجفاف" وتستعمل لتزليق الأجسام المتحاكة ومن أمثلتها زيت الزيتون

أما الزيوت المشتملة على كثير من الحوامض غير المشبعة فتعرف "بالزيوت القابلة للجفاف" ومثالها زيت بزر الكتان ويستعمل فى صناعة الطلاء (البوية) والمشمعات والملمعات . والزيوت والأدهان سواء كانت نباتية أو حيوانية تستعمل أيضا بمقادير كبيرة فى صناعة الصابون

والصابون نوعان صلب ورخو فالأول عبارة عن أملاح الصديوم المتكوّنة من اتحاده مع الحوامض الدسمة المختلفة . والثانى عبارة عن أملاح البوتسيوم المتكوّنة منه مع تلك الحوامض . ويصنع الصابون باغلاء الزيت أو الدهن مع محلول قلوى ، فيحل معدن القلوى محل الجلسريل فى الزيت أو الدهن ويتكوّن الصابون والجلسرين الذى يسمى الآن على حسب الأصول العلمية بالجلسرول . فاذا أغلينا مثلا محلول الصودا مع أولايات الجلسريل (الذى هو جل ما يتكوّن منه زيت الزيتون) يحدث التفاعل الآتى :

لـك٣ يد٥ (لـك١٧ يد٣٣ لـك ا ا)٣ + ٣ ص ا يد

أولايات الجلسريل — أيدركسيد الصديوم

= ٣ لـك٣ يد٥ (ا يد)٣ + ٣ ص لـك١٧ يد٣٣ لـك ا ا

الجلسرول أو أيدركسيد الجلسريل — أو لايات الصديوم وهو الصابون

ويبقى الصابون والجلسرين ذائبين فى الماء فاذا أضيف ملح الطعام الى السائل تحوّل الصابون الى جسم صلب . وبذلك يمكن فصله . أما الجلسرين فيستخرج من السائل الملح الذى يبقى بعد ذلك

وقد يوجد الزيت فى أجزاء كثيرة من النبات لكنه يتجمع دائمـا فى البزور ويحتوى كثير منهـا على مقـدار عظيم ربمـا يصـل الى نصف وزن البزور نفسها . والغـالب أن البزور التى تحتوى على كمية عظيمة من الزيت خاليـة من النشا ولكن كثيرا ممـا يحتوى على كمية عظيمة من النشا يشـتمل أيضا على مقدار صغير من الزيت كما فى الذرة

والزيت منبع قوى "للطاقة الحيوية" والجزء منه فى هذا يعادل جزأين ونصفا من النشا أو السكر

الشموع — هى شبيهة بالزيوت والأدهان فى تركيبها الا أنها ، عوضا عن اشتمـالها على الجلسريل الثلاثى القوة الذرية ، تحتوى على مجموعات أحادية القوة الذرية أكثر تعقيدا

الزيوت الطيارة والراتينجيات

الزيوت الطيارة — انما سميت بذلك لأنها تتطاير فى الغالب وهى على الأكثر ذات روائح مميزة لها . وليس بينها وبين الزيوت الحقيقية تشابه كيميائى أصلا . وكثير منها من نوع الأيدروكربون أى المركبات المكوّنة من الأيدروچين والكربون . وبعضها يحتوى على أكسچين أو كبريت زيادة على هذين

أما الزيوت الطيارة الأيدروكربونية أو التِّرْبينات فقانونها العام (ك$_{٥}$ يد$_{٨}$) ن والجزء الأعظم من كثير من الأعطار النباتية مكوّن من هذه التربينات كزيت التِّرْبَنْتينة وعطر الليمون والبرتقال واليوكالبتس

وأما الزيوت الطيارة الأكسچينية فالمعروف منها أنواع كثيرة منهـا زيت اللوز المر الذى يحتوى على الألدهيد البِنزوئيك أى ك$_{٦}$ يد$_{٥}$ ك يد ا والكافور الذى قانونه النسـبى ك$_{١٠}$ يد$_{١٦}$ ا وعطر الخزامى (اللوندا) الذى يحتوى على خلات اللناليل اى ك$_{١٠}$ يد$_{١٧}$ ك$_{٢}$ يد$_{٣}$ ا$_{٢}$

وأما الزيوت الطيارة المشـتملة على الكبريت فمن أهمها أيْسُوثِيُوسَيَنات الأليل أى ك$_{٣}$ يد$_{٥}$ ز ك كب ويوجد فى زيت حب الخردل وكبريتور الأليل أى (ك$_{٣}$ يد$_{٥}$)$_{٢}$ كب ويوجد فى زيت الثُّوم

الراتينجيات — يمكن اعتبار هذه الأجسام ناشئة من تأكسد التِّرْبِيْنات ولكن تركيبها معقد غير معروف بالدقة وتوجد فى النبات مع التربينات غالبا

الحوامض العضوية وأملاحها

قد أظهرت التجارب وجود كثير من الحوامض العضوية فى عدّة من الحاصلات النباتية . والغالب وجودها على شكل أملاح البوتسيوم والصديوم والكلسـيوم ويقل وجودها منفردة . وتحتوى كل الحوامض العضوية على المجموعة "ك ا ا يد" التى تسمى "كَرْبُكْسِل" . ولنذكر بعض الحوامض التى توجد عادة فى أنواع النبات :

(١) الحامض الأكْسَلِيك أى ك ا ا يد , ك ا ا يد

(٢) الحامض الطَّرْطَرِيك أى ك ا ا يد , ك يد ا يد , ك يد ا يد , ك ا ا يد

(٣) الحامض المـاليك أى ك ا ا يد , ك يد ا يد , ك يد$_{٢}$, ك ا ا يد

(٤) الحامض السِّتريك (الليمونيك) أى ك يد$_{٢}$ (ك ا ا يد) , ك (ا يد) (ك ا ا يد) , ك يد$_{٢}$ (ك ا ا يد)

(٥) الحامض التَّنِيك أو الجَالُوتَنيك أى ك$_{٦}$ يد$_{٢}$ (ا يد)$_{٣}$, ك ا , ا , ك$_{٦}$ يد$_{٢}$ (ا يد)$_{٢}$, ك ا ا يد

(٦) الحامض العفصيك أو الجاليك أى ك٦ يد٢ (ا يد)٣ , ك ١ ا يد وحموضة الفواكه مسببة فى الغالب عن وجود الحوامض العضوية المنفردة كالحامض الماليك الذى يوجد فى التفاح وثمر الريباس (الجُزْبِرِى) والكِشْمش الأحمر (الكَرَنْت الأحمر) وثمر العُلَّيق التوتى (البِلَكْبِرِى) والكَرَز الحامض. وقد يكون السبب فى حموضة الفواكه وجود أملاح البوتسيوم والكلسيوم الحامضية فالعنب مثلا يحتوى على طرطرات البوتسيوم الحامضى والكرز الحلو يحتوى على مالات البوتسيوم الحامضى. ويحتوى كثير من الفواكه على نوعين أو أكثر من الحوامض فالجزبرى مثلا يحتوى على الحامض الماليك والحامض الستريك (الليمونيك)

وكثيرا ما يوجد أكسلات الكلسيوم فى النبات على شكل بلورات قانون تركيبها كا ك٢ ا٤ , ٣ يد٢ ا كما يكثر وجود أكسلات البوتسيوم الحامضى ذائبا فى العصارة النباتية

ويوجد الحامض العفصيك فى كثير من أنواع النبات مصاحبا فى الغالب لسكر العنب

وتحتوى عصارة الجذور وشعورها على حوامض عضوية. ومن المحتمل أنها تساعد على اذابة المواد المعدنية فى تربة الأرض. ولا نعلم الآن كنه هذه الحوامض بالضبط، بيد أنه قد ظهر من التجارب أن متوسط حموضة العصارة فى كثير من أنواع النبات مقدرة بالنسبة للأيدْرُوجين ٠٫٠١٣ ./. تقريبا وهذا يعادل ٠٫٩١ ./. من الحامض السِّتْرِيك المتبلور (أنظر حاشية الصفحة ١٠٠)

الأملاح المعدنية (غير العضوية)

توجد المواد المعدنية الداخلة فى تركيب النبات خصوصا المعادن على حالة اتحاد مع الحوامض العضوية كما قدمنا. أما الفسفور والكبريت فيوجدان

فى ضمن مركبات عضوية معقدة التركيب كالزلاليات (الأَلْبِيُومِنُيْدات) وسنتكلم هنا مع الايجاز على كيفية وجود المواد غير العضوية فى النبات وعلى وظيفة كل منها :

(١) الكبريت — يوجد هذا العنصر فى النبات أثناء الحياة فى ضمن الزلاليات على الأكثر ولكنه يوجد فى الرماد فى ضمن الكبريتات وفى بعض الأحيان فى ضمن الكبريتور. والغالب على الظن أن النبات يحصل عليه من الأرض فى ضمن الكبريتات ويمكن فى كثير من الأحيان اثبات وجوده بهذه الحالة فى العصارة النباتية

(٢) الفسفور — لا شك أن النبات يحصل على هذا العنصر من الأرض فى ضمن الفسفات. وهو فى رماد النبات على هذه الحال أيضا، أما فى النبات الحى فيوجد جزء منه متحدا مع مركبات عضوية والظاهر أنه يتحرك فى النبات من جزء الى آخر مصاحبا للبرُوتِيدات

(٣) السِّلْسيوم — يغلب على الظن أن النبات يحصل على هذا العنصر من الأرض فى حالة سلكات قلوى. وهناك دليل قوى على أن السلسيوم غير ضرورى للنبات رغم وجوده غالبا على شكل راسب من السلكا فى الجُدُر الخارجية لسيقان النبات وأوراقه خصوصا نباتات الحبوب

(٤) الكلور — يوجد فى كل أنواع النبات ولكن ليست له أهمية كبرى على ما يظهر الا فى قليل منها كالحنطة السوداء "بِلِجُنُم فاجُو بيْرَم" وبنجر الحقل (المنْجُلد) والكرنب

(٥) البوتسيوم — يمتص النبات هذا العنصر فى ضمن أملاح مختلفة قابلة للذوبان ويوجد داخل النبات متحدا فى الغالب مع الحوامض العضوية التى تتحلل أثناء الاحتراق تاركة كربونات البوتسيوم فى الرماد. وتحتوى عصارة

بعض أنواع النبات على كلورور البوتسيوم وأزوتاته وكبريتاته . والظاهر أن مركباته ضرورية لتكوين النّشا والسكر وغيرهما من الكربو إيدرات وهذه المركبات وافرة فى الأوراق والعساليج دائما

(٦) الكلسيوم — يوجد هذا العنصر فى النبات متحدا مع الحوامض العضوية ويساعد على تحول النشا الى سكر. ويظهر أن له فى كثير من الأحوال تأثيرا نافعا فى تحويل الحوامض النباتية الى مركبات غير قابلة للذوبان ترسب فى الأغشية النباتية ومن أمثلة هذه المركبات أكسلات الكلسيوم . وأكثر ما يوجد هذا العنصر فى الأوراق كالبوتسيوم

(٧) المجنزيوم — هذا العنصر موزع فى جميع الأجزاء النباتية ولكنا لا نعلم عن وظائفه الا قليلا . وقد أظهرت الأبحاث الحديثة أنه من العناصر المكوّنة لمادة الكلوروفيل

(٨) الحديد — الحديد من العناصر التى لا يستغنى عنها النبات وان كانت المقادير الموجودة منه فى التربة صغيرة جدا . وهو ضرورى لتكوين الكلوروفيل

(٩) الصدديوم — ليس هذا العنصر ضروريا لحياة النبات على ما يظهر رغم وجوده على الدوام فى الرماد ولا يمكن أن يقوم مقام البوتسيوم فى سدّ حاجة النبات

وجميع المعادن المتقدمة الذكر مفيدة للنبات بنقلها الحامض الأزوتيك اليه على حالة أزوتات يمتص بواسطة الجذور فيذهب الأزوت لتكوين المواد الزلالية وتتحد المعادن مع الحوامض العضوية، فاذا أحرق النبات بقيت المعادن على حالة كربونات . وقد تبين من التجارب أنه كلما كان النبات محتويا على مقادير عظيمة من الأزوت كانت كمية المعادن فى ضمن الكربونات كثيرة فى الرماد

البُرُوتِيدات أو الأَلْبيُومِينُيدات

هى طائفة من المواد تشبه الزلال أو بياض البيض ويختلف بعضها عن بعض فى الخواص الطبيعية مثل الذّوَبان والتّعقّد وهى معقدة التركيب وتحتوى على الكربون والأيدروچين والأكسچين والأزوت والكبريت . وتوجد فى كل مادة حية لأنها جزء جوهرى "لمادة الحياة" (البُرُوتُبلَزْم)

وليس تركيب البروتيدات واحدا فى جميع الأحوال

وهناك حدود الاختلاف الذى يوجد فى مقادير عناصرها غالبا :

الكربون	٥١,٥	الى	٥٤,٥	فى المائة
الأيدرُوچين	٦,٩	«	٧,٣	«
الأكسچين	٢٠,٩	«	٢٣,٥	«
الأزُوت	١٥,٢	«	١٧	«
الكبريت	٠,٣	«	٢	«

وليس لدينا الى هذا الحين علم تام بكنه البروتيدات، بيد أن الأبحاث الحديثة قد دلت على تركبها من الحوامض الأمينية . ولبيان ما عليه الزلال من تعقد التركيب نذكر أحد القوانين النسبية التى اقترحها الباحثون للدلالة على تركيبه وهو ك$_{٢٤٠}$ يد$_{٣٩٢}$ ز$_{٦٥}$ أ$_{٧٥}$ كب$_{٣}$ غير أن وجود جسم معين بهذا التركيب بعيد الحصول جدا . وتتحلل البروتيدات الى الحوامض الأمينية عند تحلل محاليلها كهربائيا . وهى فى الغالب أجسام غروية قابلة للتبلور

ومن خواصها أنها تصفرّ متى سخنت مع الحامض الأزوتيك القوى . فاذا عولج الجسم الأصفر بالأمُنيا صار برتقالى اللون . ومن خواصها أيضا أنها تحمر متى سخنت مع محلول حامضى من أزوتات الزئبق (كَشّاف مِلَن)

والمعول عليه فى التحاليل الكيميائية عادة أن البروتيدات تحتوى على ١٦./٠ من الأزوت . ولايجاد النسبة المئوية من البروتيدات فى أى مادة نُعين النسبة المئوية للأزوت فيها ثم نضربها فى $\frac{١٠٠}{١٦}$ أو ٦,٢٥ وهذه فى الحقيقة طريقة تقريبية نظرا الى ما سبق ذكره من اختلاف مقدار الأزوت باختلاف أنواع البروتيدات

الأمِيدَات والحوامض الأمينية

هى أيضا مركبات أزوتية ولكن تركيبها أبسط كثيرا من تركيب البروتيدات ويمكن اعتبار الأمِيد مشتقا من حامض عضوى بواسطة احلال ـ زيد$_{٢}$ محَلّ ـ ا يد فيه . فمثلا من الحامض الخليك (الأسيتِيك) أى ك يد$_{٣}$, ك ا ا يد يشتق الأسِيتميد أى ك يد$_{٣}$, ك ا ز يد$_{٢}$

والحوامض الأمينية مشتقة من الحوامض العضوية بواسطة احلال ـــ زيد$_{٢}$ محل ذرة أو أكثر من أيدروچين الأصل الحامضى العضوى . مثال ذلك الحامض الأمينوأسيتيك الذى يسمى أيضا جِلَيْكُوكول ورمزه ك يد$_{٢}$ (زيد$_{٢}$) , ك ا ا يد

وتوجد الأمِيدات فى كثير من المواد خصوصا النباتات التى ليست تامة النضج . ولما كانت غير صالحة لتكوين اللحم على ما يظهر أصبح من الأمور الهامة فى تحليل الأغذية الحيوانية أن نميزها من البروتيدات التى هى أكثر نفعا للحيوان

وقد أظهر البحث كثيرا من الأميدات فى أنواع مختلفة من النبات . ويعد الأَسْبَرَچين (الحامض الأمِيدُوسَكْسِنِميك) نموذجا لهذه الأميدات ورمزه ك ا , (زيد$_{٢}$) , ك$_{٢}$ يد$_{٣}$ (زيد$_{٢}$) , ك ا , ا يد وهـذا المركب الذى يعد أميدا وحامضا أمينيا معا يذوب فى المـاء وهو قابل للتبلور كغالب الأميدات ويوجد فى الهِليون والأجزاء النـامية من الجُلُبّان والفول والبسلة وغيرها من النباتات

الألْكَلُيْدَات

يمكن اعتبار هـذه الأجسام مشتقة من الأمُنْيا أى زيد$_{٣}$ بواسطة احلال مجموعات عضوية معقـدة التركيب محل بعض الأيدروچين أوكله . ولهـا فى الغالب خواص طبية قوية ولا توجد الا فى بعض النباتات إمّا فى البزور أو فى الأوراق ، وفى بعض الأحيان توجد فى أجزاء أخرى . وليس لهـذه الأجسام فائدة من وجهة التغذية المباشرة . وان كانت فى الغالب ذات قيمة فى الطب

ومن الألْكَلُيْدات الكافين أو الشايين وقانونه ك$_{٨}$ يد$_{١٠}$ ز$_{٤}$ ا$_{٢}$ ويوجد فى الشاى والبن . والثِّيُبْرُومين أى ك$_{٧}$ يد$_{٨}$ ز$_{٤}$ ا$_{٢}$ ويوجد فى الكاكاو وقد اعتبرهما بعض المؤلفين من الألكليدات غير الحقيقية

أمّا الأَلْكَلُيْدات الحقيقية قطعا فمن أمثلتها الكنِين أى ك$_{٢٠}$ يد$_{٢٤}$ ز$_{٢}$ ا$_{٢}$ ويوجد فى خشب الكينا . والاِسترِكْنِين أى ك$_{٢١}$ يد$_{٢٢}$ ز$_{٢}$ ا$_{٢}$ ويوجد فى حبوب " الجوز المقيء " والمرفين أى ك$_{١٧}$ يد$_{١٩}$ ز ا$_{٣}$ ويوجد فى رءوس الخشخاش . والنِّكُتين أى ك$_{١٤}$ يد$_{١٠}$ ز$_{٢}$ ويوجد فى أوراق نبات الدخان

الكُلُورُوفيل

هو من الأجسام الأزوتية أيضا وقد أجريت فى شأنه أبحاث كثيرة وهو المـادة الملوّنة الخضراء التى توجد فى الأوراق والسوق فى جميع النباتات تقريبا وعليـه مدار تمثيل الكربون بواسطة الضوء من ثانى أكسيد الكربون الذى فى الهواء الجوّى والقانون الدال على تركيبه هو ك$_{٥٥}$ يد$_{٧٢}$ ا$_{٦}$ ز$_{٤}$ ما

ويشـتمل على الكلوروفيلين الذى هو جزء أسـاسى فى تركيبـه وقانونه ك$_{٣٤}$ يد$_{٣٢}$ ا$_{٦}$ ز$_{٤}$ ما . ويمكن استخراج الكلوروفيل من النبات بسهولة بواسطة الكؤل أو الاتير أو ثانى كبريتور الكربون

ومع أن الحديد ضرورى للنبات كى يتكون الكلوروفيل فيه نرى المادة الملوّنة فى الكلوروفيل نفسه خالية من الحديد. وبين الكلوروفيل والمادة الملونة الحمراء فى دم الحيوان، التى تسمى الهِيمُجْلُوبِين، شىء من التشابه فى التركيب ولكنه غير أن الأول خالٍ من الحديد والثانى مشتمل عليه . والظاهر من الأبحاث الحديثة أن المادة الأساسية فى الكلوروفيل والهياتين (الجزء الملوّن من الهيمجلوبين) واحدة فى التركيب غير أن المجنزيوم يحل فى الكلوروفيل محل الحديد فى الهياتين

الباب السادس فى الأسمدة

لا تعدّ الأرض خِصبة أى ذات قدرة جيدة على إنماء النبات إلا اذا توافرت فيها شروط خاصة ربما كان أهمها ما يأتى :

(١) أن تكون أحوال الأرض الطبيعية موافقة لنموّ النبات

(٢) أن تشتمل على مقدار كافٍ من الغذاء على شكل مركبات يسهل على النبات تناولها

(٣) أن لا تحتوى على أى مقدار محسوس من السموم أو المواد المضرة

(٤) أن لا تشتمل على حشرات ضارّة أو نبات فُطْرِىّ أو أى كائن عضوى يضر بالمزروعات

(٥) أن تكون درجة الحرارة وضوء الشمس والمطر وغيرها من الأحوال الجوّية موافقة لنموّ النباتات

ولعلم الكيمياء فائدة فيما يتعلق بالشرطين الثانى والثالث وكذا الأول بدرجة أقل . ومما ينبغى التنبه اليه أن كل محصول يُنزع من الأرض يسلبها المواد التى استعملها فى بناء أغشيته ، فاذا توالت المحصولات آل الأمر الى نفاد الغذاء وصارت الأرض غير صالحة لنموّ محصولات أخرى وفى غالب الأحيان تنفد مادة فقط من المواد المكوّنة للغذاء أوّلا ، ولذلك ترجع الأرض فى كثير من الأحوال الى صلاحها مدّة من الزمن باضافة تلك المادة اليها . وكل مادة تضاف الى الأرض لتعوض ما نزعته الحاصلات منها تسمى "سمادا"

وينقص مقدار المواد المكوّنة لغذاء النبات ماعدا الكربون بتوالى المزروعات فى التربة ، غير أن الأزوت المتحد والفسفات وكربونات الكلسيوم والبوتسا هى أول ما ينقص منها غالبا ، ولذلك كانت قيمة السماد عادة تابعة لما يحتوى عليه من هـذه المركبات ، على الرغم من أن المواد الأخرى التى يتكوّن منها غذاء النبات قد تؤثر تأثيرا حسنا فى تربة الأرض فى أحوال كثيرة

سماد الاصطبلات — لقد كان هذا النوعُ السمادَ النافع الوحيد فى الأزمان الغابرة ولا يزال أكثر الأسمدة تداولا الى يومنا هذا . وأهم المواد التى يتركب منها هى الآتية :

(١) روث مواشى الزراعة

(٢) مواد الفَرْش وبقايا العلف

الروث — يتكوّن روث الحيوانات من مواد الغذاء التى لم تهضمها ومن المواد التالفة التى تتكوّن فى أغشية أجسامها . ويختلف تركيب الروث كثيرا تبعا لعدّة أحوال أهمها ما يأتى :

(١) نوع الحيوان

(٢) نوع الغذاء وكميته

(٣) كون الحيوان فى طوْر النموّ أو السِّمَنِ وكونه يحلب أو يَشتغل ومن هـذا نرى أنه لاغرابة فى الاختلاف الكثير الذى نجده فى تحليل روث الحيوانات

والجدول الآتى يبين متوسط النسب المئوية لأهم المواد السّمادية الموجودة فى روث عدة من الحيوانات وبولها على حسب التحاليل الأمريكية :

نوع الحيوان		الأزوت	البوتسا	خامس أكسيد الفسفور
		المقدار المئوى	المقدار المئوى	المقدار المئوى
البقر	السرقين	٠٫٣٠	٠٫١٠	٠٫١٧
	البول	٠٫٥٨	٠٫٤٩	—
الخيل	الروث	٠٫٤٤	٠٫٣٥	٠٫١٧
	البول	١٫٥٥	١٫٥٠	—
الغنم	البعر	٠٫٥٥	٠٫١٥	٠٫٣١
	البول	١٫٩٥	٢٫٢٦	٠٫٠١
الخنازير	البعر	٠٫٦٠	٠٫١٣	٠٫٤١
	البول	٠٫٤٣	٠٫٨٣	٠٫٠٧
الانسان	البراز	١٫٠٠	٠٫٢٥	١٫٠٩
	البول	٠٫٦٠	٠٫٢٠	٠٫١٧

ومع ذلك فان المقادير المئوية للمواد السمادية فى البراز والبول عرضة لاختلاف كبير لأسباب كثيرة . ومما هو جدير بالملاحظة أن بعر الغنم يشتمل على مقدار من الماء أقل مما فى براز سائر الحيوانات

ويتضح من الجـدول السابق أن البول يحتوى فى الغالب على مقدار من الأزوت والبوتسا أكثر مما فى البراز مع أنه يكاد يكون خاليا من الفسفات . والمواد التى فى البول عبارة عن المتحصلات الناجمة عن بِلَى الأغشية ومنشؤها المواد التى هضمها الحيوان . أما المواد التى فى البراز فغالبها من الغذاء الذى لم ينهضم . وكما يشتمل البراز والبول على مواد سمادية كذلك يحتوى عرق بعض الحيوانات على مقادير تستحق الذكر من الأزوت ومن البوتسا خصوصا . وفى مقدمة هذه الحيوانات الخيل والغنم

مواد الفرش — فوائدها كثيرة منها :

(١) أنها تجعل السماد مساميا كبير الحجم

(٢) أنها تمتص وتحفظ جزءًا كبيرا من المواد السائلة

(٣) أنها تزيد كمية المواد الكربونية التى تتعفن فى التربة وتصير دُبالا

(٤) أنها تمدّ التربة بمقدار صغير من غذاء النبات . ولها أيضا تأثير عظيم فى تعفن السماد لأنها تجعله مساميا فيتخلله الهواء ولأنها تمدّ السماد ببعض الكائنات العضوية المكروسكوبية

والجدول الآتى يشتمل على متوسط المقادير المئوية لأهم العناصر السمادية التى فى المواد المختلفة المستعملة للفرش :

اسم المادة	الأزوت	البوتسا	خامس أكسيد الفسفور
	المقدار المئوى	المقدار المئوى	المقدار المئوى
قش القمح	٠,٤٨	٠,٩٠	٠,٢٥
« الشعير	٠,٥٧	١,٢٠	٠,٢٦
« الشوفان	٠,٧٢	١,٢٠	٠,١٩
« الشيلم	٠,٥٧	١,٤٠	٠,٢٨
أنواع جافة من الطحلُب والنبات الحزازى	٠,٨٥	٠,٠١	٠,٠٣
نبات السرخس الجاف	٠,٩٠	٠,١٣	٠,٢٠
أوراق النبات الجافة (فى فصل الخريف)	٠,٧٥	٠,١٠ الى ٠,٥٠	٠,١٨
نشارة الخشب	١,٠٠	٠,١٠	٠,٠٥
نفاية المدابغ	٠,١٦	٠,٠٨	٠,٠٤

وقدرة هذه المواد على امتصاص الماء والأمنيا والمحافظة عليهما من الأهمية بمكان . والجاف من الطحلب والنبات الحزازى أقوى هذه المواد امتصاصا ومحافظة . ويغلب على الظن أن الجاف من السرخس وأوراق النبات أضعفها

ويختلف تركيب سماد الاصطبلات كثيرا وهو دائما معقد التركيب جدّا ولكن الغالب أنه يشتمل من الماء على مقدار يتردّد بين ثلثيه وثلاثة أرباعه وزنا وعلى أزوت يتردّد مجموعه بين ٠,٤ و ٠,٧ فى المائة وعلى مقدار من البوتسا يتردّد بين ٠,٤ و ١ ./. ومن خامس أكسيد الفسفور على مقدار يتردّد بين ٠,٣ و ٠,٤ ./. ويوجد فى هذا السماد من الأزوت الداخل ضمن المركبات النشادرية مقدار قليل جدّا ومن الأزوت الداخل ضمن الأزوتات مجرّد أثر أما الجزء الأعظم من الأزوت فيوجد فى ضمن مركبات عضوية معقدة التركيب . وقد أجريت تجارب مختلفة لتعيين مقدار السماد الذى تكوّنه حيوانات الزراعة يوميا . ولنذكر المقادير الآتية نقلا عن المصادر الألمانية الموثوق بها :

الحيوان	مجموع البراز	القش الضرورى	مجموع السماد
	أرطال مصرية	أرطال مصرية	أرطال مصرية
الحصان	٢٨,٣	٥	٣٣,٣
البقرة	٧٣,٧	٨	٨١,٨
الشاة	٣,٨	٠,٦	٤,٤
الخنزير	٨,٤	٤	١٢,٤

والنتيجة الآتيـة للتجارب الأمريكية تبين مقـادير السماد الذى يتحصل فى اليوم من كل ١٠١٠ أرطال مصرية من وزن الحيوان حيا مع فرض وفرة الغذاء والفرش :

الحيوان	مقدار السّماد	قيمة الرطل
	أرطال مصرية	مليمات
الحصـان	٤٩,٣	١٥
البقرة...	٧٤,٨	١٦
الشـاة	٣٤,٤	١٤,٥
الخنْزير	٨٤,٤	٣٣

حفظ سمـاد الاصطبلات — من الأمور التى وُجّهت اليها عناية كبيرة واسـتدعت مناقشة كثيرة البحثُ عن أنجع الطرق لاسـتعمال السماد سواء كان حديثا أو متعفنا وعن أحسن الوسائل لتوقى ضياع أجزائه المفيدة. ومما لاريب فيه أن السائل الذى يرشح من السماد يشتمل على كمية وافرة من مركبات الأزوت والبوتسا فاضاعته تبذير كبير

ولذلك كان من أهم الوسائل للانتفاع بالسماد حفظ مايسيل منه إما بوضع أجسام تمتصـه كالمواد الطُّحْلُبية المتحلّلة والطين الجاف أو بجمعه فى حوض يعدّ لذلك . ومن أجل هـذا أيضا تجب وقاية السماد من وصول المطر اليه بوضعه فى مكان مسقف . وأكثر المسائل المتعلقة بسماد الاصطبلات إشكالا ضياع المواد النافعة منه أثناء التعفن لا سيما الأزوت الذى يضيع على الأكثر بالطريقتين الآتيتين :

(١) تطايره من كربونات الأمنيوم على حالة غاز النشادر

(٢) تطايره منفردا

أما ضياع الأزوت بالطريقة الأولى فمن أسـبابه ما يحدث فى البول من التغير . وذلك لأن بول معظم الحيوانات يشتمل على جسم جوهرى لتركيبه يعرف "بالبَوْلينا" أى ك ا (ز يد٢)٢ وبتأثير الكائنات العضوية المكروسكوبية فيه يتحوّل الى كربونات النشادر بمقتضى هذه المعادلة :

ك ا (ز يد٢)٢ + ٢ يد٢ ا = (ز يد٤)٢ ك ا٣

بولينا — ماء — كربونات النشادر

وكربونات النشادر جسم تشم منه رائحة النشادر . وقد قيل أنه اذا عُرّض للهواء تحلل الى غاز النشادر وثانى أكسيد الكربون هكذا :

(ز يد٤)٢ ك ا٣ = ٢ زيد٣ + ك ا٢ + يد٢ ا

كربونات النشادر — غاز النشادر — ثانى أكسيد الكربون — ماء

ولكن وجود كمية كبيرة من ثانى أكسيد الكربون أو غاز النشادر فى الهواء يعطل هذا الانقلاب . وهذا التغير الذى يعترى البولينا هو السبب فى الرائحة النشادرية القوية التى تشم فى الاصطبلات

وتحدث فى كُومَة السماد تغيرات كيميائية كثيرة بواسطة الكائنات العضوية المكرسكوبية . وفى كثير من هـذه التغيرات يمتص الأكسجين من الهواء ويتكوّن ثانى أكسيد الكربون وتنبعث الحرارة فترتفع درجة حرارة الكُومَة فى غالب الأحوال الى درجة عالية

وتأكسـد المواد الكربونية البحتة مفيد فى ذاته لأنه يقلل مقـدار المواد التى ليس لها قيمة سمادية فتزيد بذلك نسبة المواد السمادية فيما يبقى، بيد أن ارتفاع درجة الحرارة التى تنجم عن التأكسد يسبب سرعة تطاير غاز النشادر

خصوصا اذا صارت كومة السماد جافة ، ولكن تكوّن ثانى أكسيد الكربون فى الفراغ الذى يتخلل السماد يقالل تطاير غاز النشادر منه . ومع هذا ينبغى تنظيم التعفن فى السماد بحيث يسير على نسق واحد ببطء من غير أن ترتفع درجة الحرارة كثيرا . ويمكن الوصول الى هذه الغاية باتباع الخطة الآتية :

(أولا) بذل العناية فى خلط سماد الخيل والغنم ، الذى يوصف بأنه "حار" أى يتعفن بسرعة كبيرة ، مع سماد البقر والخنازير الذى يوصف بأنه "بارد" أى يتعفن ببطء

(ثانيا) تندية السماد من حين الى آخر بما يسيل منه الى الحوض المعدّ لذلك

وأما ضياع الأزوت بالطريقة الثانية فانه ينشأ من تحلل مركبات الأزوت بكيفية ينفصل بها هذا العنصر ويذهب الى الهواء . وهذا التحلل نتيجة عمل تقوم به كائنات عضوية مجهرية بمعزل عن الهواء . وأكثر الأحوال موافقة لحدوثه كون السماد مضغوطا مشبعا بالماء . ويمكن تقليل ضياع الأزوت من كومة السماد كثيرا بخلطه أو تغطيته بالطين أو ما جف من الطُّحْلُب والحَزاز . وهناك طريقة أخرى أكثر تأثيرا من هذه . وهى اضافة بعض المواد الحامضية كفوق الفسفات أو بعض الأملاح الأيدروجينية ككبريتات الصديوم الأيدروجينى . وقد اعتُرض على استعمال هذه المركبات بأنها لا تعمل عمل المواد الماصة فقط بل تضاد تعفن مواد الفرش التى فى السماد

الأسمدة العضوية الأخرى — الأنواع المستعملة من هذه هى الآتية :

(١) الجوانو — جله عبارة عن الزرق الجاف للطيور البحرية . ويوجد على شواطئ بحار البلاد الحارة . ويستعمل منه الآن نوعان أحدهما يشتمل على كثير من الأزوت والفسفات معا والآخر يشتمل على كثير من الفسفات ويسير من الأزوت . ويختلف تركيب الجوانو كثيرا . وقد يشتمل النموذج المتوسط الجودة من النوع الأول على ٧ أو ٨ ./. من الأزوت و ١١ ./. من خامس

أكسيد الفسفور ومن النوع الثانى على ما يتردّد بين ٥ر٠ و ٢ ./. من الأزوت وعلى ما يتردّد بين ٢٠ و ٣٣ ./. من خامس أكسيد الفسفور . وتشتمل نماذج كثيرة من الجوانو على مقدار من البوتسا يتردّد بين ٢ و ٣ ./.

ويوجد الأزوت فى الصنف الأزوتى من الجوانو فى ضمن الأملاح النشادرية على الأكثر ويوجد جزء من الحامض الفسفوريك على حالة فسفات قلوى قابل للذوبان

وجوانو الخفاش عبارة عن الزرق الجاف لهذا الطائر ويوجد فى كهوف بعض الأقطار وتركيبه مختلف ويغلب اختلاطه بدُقاق الرمل . ويشتمل دائما على مقدار عظيم من الأزوتات

(٢) زِبْل الحمام والطيور الداجنة — هذا النوع من السماد عظيم النفع غير أنه يندر وجوده بكمية وافرة تجعل له أهمية فى الزراعة المعتادة

(٣) الأعشاب البحرية — السّماد المتخذ من هذه ذو قيمة عظيمة لأنه سريع التحلل فى تربة الأرض . ويشتمل وهو حديث على ٨٠ ./. من الماء وعلى ما يتردد بين ٣ر٠ و ٧ر٠ ./. من الأزوت وبين ٣ر٠ و ٢ ./. من البوتسا وبين ١ر٠ و ٤ر٠ ./. من خامس أكسيد الفسفور

(٤) سماد الأسماك (جوانو الأسماك) — يتكون فى الغالب من بقايا الأسماك الجافة كالرءوس والعظام الى غير ذلك وهو سماد كثير المواد النافعة لأنه يحتوى على نحو ٩ ./. من الأزوت و ١٠ ./. من خامس أكسيد الفسفور غير أن وجود كثير من الزيت فيه مضر لأنه يطرد الماء فيعطل حدوث التعفن الضرورى فى تربة الأرض ، ولذلك يستخرج الزيت من هذا السماد فى بعض الأحيان بواسطة المذيبات الطيارة

(٥) الدم المجفف الذى يستخرج من المذابح — هو سماد مفيد لسهولة تحلله فى الارض . ويشتمل على ١٠ أو ١١ ./. من الأزوت وعلى نحو ٢ ./. من خامس أكسيد الفسفور

ومسحوق القَديد (اللحم الجاف) يشابه هذا السماد فى التركيب غير أنه يشتمل على مقدار أكثر من الفسفات

(٦) نُفَاية الصوف (سَقَط الصوف) — هى عبارة عن الألياف الصوفية التى قَصُرت بسبب تكرار غزلها ونسجها الى غير ذلك حتى أصبحت غير صالحة لأن يُوصَل بعضها ببعض . ويخالط هذه النفاية مقادير مختلفة من القطن والدهن ومواد وَسِخة

والصنف المعتاد من سقَط الصوف يحتوى على ٧ أو ٨ ٪ من الأزوت ويمتاز ببطء تحلله فى تربة الأرض . وهو فى الحقيقة من السماد الأزوتى غير أنه يشتمل على مقدار صغير من البوتسا (قد يصل الى ٠,٥ ٪) ومن خامس أكسيد الفسفور (٠,٣ ٪ تقريبا)

ويستعمل سقَط الصوف بكثرة فى تسميد حشيشة الدينار ويدخل فى كثير من الأسمدة المخلوطة . ومما يشابه هذا السماد فى التركيب الشعر والريش والقرون وتستعمل فى بعض الأحيان سمادا

(٧) العظام — تتركب من نحو ٧٠ ٪ من مواد معدنية جلها فسفات الكلسيوم ومن ٣٠ ٪ من مواد عضوية تحتوى على ٣ ٪ أو ٤ ٪ من الأزوت وعلى مقادير مختلفة من الدهن . والقطع الكبيرة من العظام تَبْلَى ببطء كبير وربما بقيت فى بعض الأراضى سنين عديدة من غير تحلل . ومن أجل هذا تُجزَّأ العظام الآن الى أجزاء مختلفة الحجم ويسمى كل صنف منها باسم خاص فمن ذلك "العظام المجزأة الى نصف إنش" و "نشارة العظام" و "مسحوق العظام" و "دقيق العظام" . وتسخن العظام فى الغالب ببخار الماء المضغوط قبل سحقها لاستخراج الدهن وبعض المواد الأزوتية منها وبذلك يسهل سحقها وتتحلل بسرعة عند وضعها فى الأرض . وقد يستعمل رماد العظام سمادا . وهو خال من المواد الأزوتية والعضوية وينحصر نفعه فيما يشتمل عليه من الفسفات

(٨) السِّناج — (دخان المواد المحترقة) جُله عبارة عن كربون ويشتمل ما تكوّن منه فى المداخن على نحو ٣ ٪ من الأزوت الداخل فى ضمن الأملاح النشادرية أو فى ضمن مركبات عضوية

(٩) الكسب — وهو عبارة عن القشور وبقايا بعض الحبوب الزيتية بعد عصرها ويشتمل على مقدار كبير من جميع المواد المغذية للنبات

ويغلب استعمال هذه القشور والبقايا غذاء للحيوانات ولكنها فى بعض الأحوال سامة أو غير لذيذة الطعم فتستعمل اذن سمادا وهى عظيمة النفع لهذا الغرض . غير أن تأثيرها يكاد يكون بطيئا . واذا استخرج زيتها بالمذيبات صارت أكثر نفعا . وأهم أنواع الكسب المستعملة سمادا كسب حبوب السلجم وكسب حبوب الخروع وتشتمل على ٥ أو ٦ ٪ من الأزوت و ١ ٪ من البوتسا و ١,٥ ٪ من خامس أكسيد الفسفور

(١٠) المواد البرازية — المواد البرازية المستخرجة من المراحيض المحفورة فى الأرض سماد عظيم النفع متى أمكن استعمالها فى الأرض المجاورة . وكذلك السائل البرازى الذى فى الخزانات مفيد جدا لاشتماله على مواد سمادية . أما المواد البرازية فى المدن فتسيل الى المجارى وتصير مخففة بسبب اختلاطها بمقدار عظيم من الماء وسوائل المصانع ، وبهذه الكيفية لا يتيسر استعمالها سمادا وان كانت مفيدة جدّا . وبصب المجارى فى الأنهار تضيع المواد السمادية العظيمة النفع وتختلط بالمياه فتسبب ايذاء برائحتها الكريهة فضلا عن الخطر الذى ينجم عنها

وقد حاول الكثير صنع سماد من المواد البرازية يسهل نقله الى الأماكن المختلفة ولكن بدون جدوى

وهناك طريقة مشهورة تعرف بعملية A B C وهى أن يضاف مقدار من الشب والدم والطين الى المواد البرازية فتتكوّن مادة متعقدة تحمل كل الأجسام المعلقة فى السائل وترسب ، ثم يعزل الراسب بالتصفية وبعد تجفيفه

يباع باسم "السماد الوَطَنِي" أو "الجُوانُو الوَطَنِي" ولكن هذه الطريقة لاتعزل الجزء الأعظم من المركبات الأزوتية الذائبة فى المواد البرازية

وهناك طريقة ثانية لاستعمال المواد البرازية سمادا وهى ارواء الأرض بها وهذه أحسن من الأولى لأن الأرض الموافقة أى الخفيفة الرملية تستخلص جزءا كبيرا من المواد السمادية التى فى البراز فتنتج مقادير عظيمة من الحاصلات الزراعية . غير أن من الصعب الحصول على مساحة من الأرض الموافقة تكفى للكميات الكبيرة التى تتجمع من المواد البرازية فى المدن الواسعة . وفى أوقات الجليد تنشأ صعوبات أخرى فى سبيل تصريف ما يتجمع بسرعة تناسب ما ينصب من المجارى . ومن جهة أخرى تَتَلَبَّك الأرض بعد فترة من الزمن بما امتصته من المواد البرازية فتصير غير صالحة لأن تعالج بها مرة أخرى وتعرف هذه الحال "بمرض المواد البرازية"

وتركيب المواد البرازية مختلف بالضرورة الا أنه مخفف كثيرا دائما ، ولذا كانت القيمة السَّمادية لطن منه تتردد بين ٦ مليمات و ٨ مليمات مع فرض أن جميع المواد السمادية التى فيه صالحة لتغذية النبات

السماد الأخضر — يمكن اصلاح التربة المفتقرة الى الدبال بزرع نبات سريع النمو ثم تقليبه فيها بعد تمام نموه فتنتفع التربة بذلك من وجهتين :

(أولاهما) ان المواد الكربونية التى كوّنها النبات من كربون الهواء تتعفن فتكوّن الدبال

(وثانيتهما) ان جزءا كبيرا من الأزوتات الذى يتكوّن فى التربة بعملية التأزت أثناء نمو النبات يتغذى به النبات فيحوله الى مركبات عضوية معقدة التركيب ترجع الى الأرض بتقليبه فيها ، ولولا ذلك لضاع جل الأزوتات فى ماء الصرف . وأحسن الأوقات لانبات "الزروع المُلْحَقة" لتسميد الأرض بها فصل الخريف لأن تكوين الأزوتات يكون حينئذ سريعا جدا فتتغذى هذه المزروعات

بمقدار كبير منه ولولاها لضاع بأمطار الشتاء . وأكثر ما يستعمل من أنواع النبات لهذا الغرض الشيلم والخردل . ومما ينبغى التنبه اليه أنه يجب تقليب النبات فى الأرض قبل تكوّن البزور والا امتلأت الأرض به فى السنة التالية وصارت غير صالحة للمزروعات الأخرى . واذا زرع نبات بقلىّ وترك حتى نما ثم حرثت الأرض وقلب فيها اكتسبت مقدارا من المواد الأزوتية وافرا ، لأن هذا النبات ينزع من الهواء مقدارا كبيرا من الأزوت متى وجدت البكتريا التى تكوّن الدرنات

وغالب أنواع النبات يمتص بجذوره الماء والكبريتات والبُوتسا والأزوت وغير ذلك من المواد التى فى تربة الأرض وليس له قدرة على الانتفاع بالأزوت المنفرد فى الهواء . أما البسلة والفول والبِرْسيم والتُّرمُس وغيرها من النبات البقلى فتوجد فى الغالب على جذورها أجزاء منتفخة صغيرة تعرف "بالدَّرنات" وهى مقر كائنات عضوية مجهَرِيّة تسمى "بَسِلَس رَادِ سِكُولا" تأخذ الأزوت من الهواء الذى بين أجزاء الأرض وتحوله الى مركبات عضوية معقدة التركيب من نوع البروتيدات على ما يظن ومنها يتغذى النبات العائل

ومتى وجدت الدرنات وكائناتها العضوية على النبات البقلى استغنى عن الأزوت المركب الذى فى الأرض وصار قادرا على الترعرع فى الأحوال التى تموت فيها أنواع النبات الأخرى لفقدان الأزوت

على أنه اذا حصدت النباتات البقلية تركت مع ذلك للأرض مقدارا عظيما من الأزوت الذى فى بقايا الجذور . وقد عثر على هذه الحقائق هلْريجل وولْفَرْث فى المدة التى بين سنة ١٨٨٦ وسنة ١٨٨٨ وعرضت حينئذ فى الأسواق "مُسْتَنْبَتَات بَكْتيرِيَّة" صناعية توافق أنواعا عديدة من المزروعات ووُضع لها اسم "النِّيتراجِين"

وقد أدخلت تحسينات فى طرق أعداد "مُسْتَنْبَتات البكتريا" التى تكوّن الدرنات على أنواع شتى من المزروعات البقلية . ففى ألمانيا وأمريكا تصنع أنواع محسنة من "النِّيتْراجين" قيل أنها أكثر نجاحا من الأنواع الأولى

أما "المُسْتَنْبَتات" الجديدة الألمانية فتشتمل على البكتريا محفوظة فى غراء "الأَجَار أَجَار" المجفف وعند استعمالها توضع فى سائل مغذٍّ مكون من اللبن والبِبْتون وسكر العنب فتنمو البكتريا

وأما "المُسْتَنْبَتات" الجديدة الأمريكية فهى عبارة عن قطن منفوش أُشْرِبَ مقدارا من "مُسْتَنْبَت" البكتريا ثم جُفف . وعند استعماله يوضع فى محلول مشتمل على مقدار من السكر وفسفات البوتسيوم وكبريتات المجنزيوم وفسفات الأمنيوم فتنمو البكتريا

ويدّعى محضرو هذين النوعين أن البزور اذا بلّت بالسائل الذى وضعت فيه "مُسْتَنْبَتات البكتريا" الموافقة ثم جففت كان ذلك كفيلا بوجود البكتريا المثبتة للأزوت عند زرع البزور

وقد نشر بعض الكتّاب مقالا ادّعى فيه أن استعمال "مُسْتَنْبَتات البكتريا" المثبتة للأزوت التى سموها "النِّيْترو بكْتَرين" سيُحدث انقلابا فى الزراعة ذا شأن عظيم فصادف مقالهم قبولا عظيما واشْرَأَبّتْ اليه الأعناق

ولكن ينبغى ألا يعزب عن الفكر أن غاية ما يمكن أن تأتى به هذه "المُسْتَنْبَتات" أن الأرض اذا اشتملت على قدر وافر من المواد المعدنية المكونة لغذاء النبات وكانت مفتقرة الى الأزوت أصبحت باستعمال "مُسْتَنْبَتات البكتريا" كثيرة الأزوت قادرة على انبات المزروعات المعتادة بالتدريج . ويكاد لا يوجد شك فى أن "المُسْتَنْبَتات" الجديدة قادرة على تسهيل تكون الدرنات فوق جذور النباتات البقلية . وكذلك يكاد لا يوجد شك فى أن الأراضى التى تتكون فيها الدرنات من غير واسطة متى لقحت بهذه "المُسْتَنْبَتات" كبر حجم درناتها وزاد عددها

على أن استعمال هذه "المُسْتَنْبَتات البكتيرية" بمقادير كبيرة لم يصادف نجاحا كافيا لتبرير استعمالها على وجه عام

الأسمدة الصناعية أو الكيميائية

الأسمدة العضوية تحتوى فى الغالب على كل المواد الضرورية لحياة النبات فهى لذلك سماد عمومى كبير النفع ، غير أن هناك حالات تحتاج فيها الأرض الى صنف أو صنفين من المواد المُخْصِبة لتصير قادرة على انماء حاصلات كاملة من الزرع ، ولذلك ينبغى أن يوضع فى الأرض سماد خاص يسد حاجتها بدون أن يمدها بغذاء نباتى آخر موجود فيها بكثرة . وهذا ما يسمى بالسماد الصناعى أو الكيميائى

وسأتبع فى الكلام على هذه الأسمدة التقسيم الآتى :

(ا) أسمدة أزوتية
(ب) أسمدة فسفاتية
(ج) أسمدة بوتسية
(د) أسمدة شتى

(ا) الأسمدة الأزوتية

أهم الأسمدة الداخلة فى هذا القسم أزوتات الصديوم وكبريتات الأمنيوم

(١) أزوتات الصديوم أو النِّيْتَر المكعب — يوجد هذا الملح فى بعض الجهات العديمة المطر من بلاد بِيْرُو وإنْشِلِي وبُلِفْيا على هيئة طبقات قريبة من سطح الأرض يختلف سمكها بين بضع بوصات واثنى عشر قدما وتعرف هذه الرواسب على حالتها الطبيعية بالكَلِيش ويختلف تركيبها كثيرا . وتخلط أصناف الكليش بعضها ببعض بحيث يصير المخلوط مكونا مما يأتى :

الطين والأحجار وما أشبهها	٥٠ ٪
أزوتات الصديوم	٣٥ ٪
كلورور المجنزيوم والكلسيوم والصديوم	١٠ ٪
الماء والكبريتات ومواد أخرى	٥ ٪

ولاستخراج أزوتات الصديوم يعالج المخلوط بالمـاء ثم يترك ليهدأ ويستقر مالم يذب منه فى قاع الاناء

وبعد استخراج اليود الموجود على حالة يودات الصديوم أى ص ى ا٣ يغلى السائل ثم يترك حتى يبرد فينفصل أزوتات الصديوم على حالة بلورات تجفف فى الشمس ثم تصدر الى الجهات المختلفة

ويقال أن متوسط تركيب أزوتات الصديوم التجارى هكذا :

أزوتات الصديوم	٩٦,٧٥
ماء	٢,١٠
كلورور الصديوم	٠,٧٥
كبريتات شتى	٠,٣٠
مواد غير قابلة للذوبان	٠,١٠
	١٠٠,٠٠

وقد وجهت عناية كبيرة فى السنين الأخيرة الى وجود فوق كلورات الصديوم أى ص كل ا٤ فى نماذج كثيرة من أزوتات الصديوم والى الضرر العظيم الذى ينجم عن تسميد كثير من أنواع المزروعات بهـذه النمـاذج وظهر من البحث أن بعض النمـاذج يحتوى على ٥ ./. من فوق الكلورات السام وأن بعض النماذج المستعملة فى ألمانيا يحتوى فى المتوسط على ١ ./. . أما النمـاذج الانجليزية فتكاد تكون خالية من الضرر . وأزوتات الصديوم النقى ملح أبيض متبلور يمتص الرطوبة من الهواء ويذوب منه مقدار كبير فى الماء (١٠٠ جزء من الماء تذيب نحو ٨٠ جزءًا منه فى درجة الحرارة المعتادة)

ولا يحتفظ أى جزء من الأجزاء المكونة للتربة بأزوتات الصديوم ولهذا كان عرضة للضياع بواسطة ميـاه الصرف . فيجب اذن ألا يستعمل منه مقدار كبير فى التسميد دفعة واحدة وألا يوضع فى الأرض زمنا طويلا قبل أن يصل نمو الزرع الى درجة تمكنه من امتصاصه

وقد اقترح بعض العلمـاء حديثا أن يصنع الأزوتات الضرورى للزراعة باحداث شرر كهربائى شـديد فى الهواء فتتكون أكاسيد الأزوت من اتحاد الأكسجين مع الأزوت فاذا كان هنـاك مركب قلوى عند احداث الشرر كالصودا تكون الأزوتيت والأزوتات من اتحاد هذه الأكاسيد مع القلوى

وربمـا تنجح هذه العملية فى الأماكن التى فيها قوة طبيعية كبيرة لاحداث الكهرباء كما فى مساقط النيَّجْرا (*)

(٢) كبريتات الأمنيوم (كبريتات النشادر) — يصنع هذا المركب من "السائل النشادرى" الذى يتكون فى معامل غاز الاستصباح أو أفـران الكوك أو التنانير ذات التيار الهوائى . وذلك لأن الفحم الحجرى الذى يحتوى على نحو ١,٣ من الأزوت متى قطر تقطيرا مُتْلِفًا انفصل جزء من أزوته على حالة غاز الأمنيا (ز يد٣) الذى يذوب فيما يتكاثف من البخار المتكون معه أثناء العملية

"والسائل النشـادرى" أو "سائل غاز الاستصباح" المتكون بهذه الكيفية يشتمل على عدة من مركبات النشادر أهمها الكربونات والكلورور والكبريتور والثيوسلفات أو تحت الكبريتيت ويبلغ مجموع النشادر فى المحلول غالبا ٢ ./. تقريبا . وللحصول على كبريتات النشادر يقطر سائل غاز الاستصباح مع الجير ثم يمر غاز النشادر المتكون على الحـامض الكبريتيك وهاك معادلة التفاعل الذى يحدث حينئذ :

يد٢ كب ا٤ + ٢ ز يد٣ = (ز يد٤)٢ كب ا٤

(*) تصنع الآن كميات وافرة من أزوتات الكلسيوم القلوى فى نُتُودِن من بلاد النرويج بواسطة استعمال الجير بدلا من الصودا . وقد ظهر نجاح هـذا السماد الأزوتى كثيرا حتى أصبح يبارى أزوتات الصديوم

ثم يغلى السائل الناتج من تفاعل الحامض مع غاز النشادر مدة من الزمن ويترك ليبرد فينفصل كبريتات النشادر على شكل بلورات . وأهم المواد الغريبة التى توجد أحيانا فى كبريتات النشادر التجارى سيانور النشادر الكبريتى أى ز يد٤ ك ز كب وكبريتور الزرنيخوز أى ر٢ كب٣ . أما المركب الأول من هذين فمستمد من سائل غاز الاستصباح وأما الثانى فمستمد من الحامض الكبريتيك الذى يشتمل فى بعض الأحيان على أكسيد الزرنيخوز أى ر٢ ا٣ وكل من هذين الجسمين سم ناقع للنبات . و بتبلور كبريتات النشادر تتكوّن بلورات "غير مائية" (غير أيدراتيــة) وتذوب هذه فى المـاء بسهولة فان ١٠٠ جزء من المـاء تذيب ٧٣ جزءًا منها فى درجة الحرارة المعتادة

ومتى وضع كبريتات النشادر فى التربة حدث فيه تحلل فيتحد "الأصل الحامضى" أى كب ا٤ مع كلسيوم كربونات الكلسيوم الذى فى التربة ويذوب الجسم الناتج فى ماء الصرف . أما النشادر فيحتفظ به الركام والأجزاء الأخرى المكوّنة للتربة وهاك معادلة التفاعل :

(ز يد٤)٢ كب ا٤ + كا ك ا٣ = (ز يد٤)٢ ك ا٣ + كا كب ا٤

ولا بد من تحوّل النشادر الى نيترات بواسطة عملية التأزت قبل أن يصــير صالحا لتغذية النبات ، وهذا يستلزم ضياع مقدار آخر من كربونات الكلسيوم وهاك المعادلة :

٤ ا٢ + (ز يد٤)٢ ك ا٣ + كا ك ا٣

= كا (ز ا٣)٢ + ٢ ك ا٢ + ٤ يد٢ ا

مستمد من الهواء

ويظهر جليا من التفاعلين السابقين أن كبريتات النشـادر لا يفيــد الا فى الأراضى المشتملة على كمية من كربونات الكلسيوم مناسبة على الأقل وأن استعماله حينئذ يؤدى الى ضياع مقــدار كبير من الكلسيوم الذى فى التربة

ويتبين ممـا سبق أيضا أنه يجب وضع كبريتـات النشادر فى الأرض قبل احتياج الزرع لأزوته بزمن يكفى لتكوين الأزوتات

ومن هــذه الوجوه المتقدمة يخالف كبريتـات النشاد أزوتات الصديوم اذ أن الأخير صالح لتغذية النبات مباشرة وليس له الا تأثير قليل أو لاتأثير له مطلقـا فى كربونات الكلســيوم الذى فى التربة ويجب الا يستعمل الا عند احتياج النبات اليه كما بيناه من قبل

والأفضــل استعمال كبريتــات النشادر فى الفصــول الممطرة لأن التربة تحتفظ به . اما فى الفصول الجافة التى ربمـا يتعطل فيها تكوين الأزوتات والتى لايضيع فيها المـاء بالرشح الا قليلا فان أزوتات الصديوم يأتى فيها غالبا بفائدة أحسن

ومن الأسمدة الأزوتية المركبات الآتية :

(١) أزوتات البوتسيوم أى بو ز ا٣ — وهو ذو قيمة مزدوجة(+) لكنه لا يستعمل فى الزراعة كثيرا لغلو ثمنه جدا

(٢) سيانُمور الكلسيوم أى كا ك ز٢ — لم يقترح استعماله سمادا أزوتيا الا حديثـا . وكيفية تكوينــه أن يحمى كربور الكلسيوم أى كا ك٢ فى تيار من هواء قد فصل منه أكسچينه . أما كربور الكلسيوم هذا فيتكوّن بكثرة من إحمـاء الكربون والجير فى الأفران الكهربائيــة لصنع الأسِتِلِين ويشتمل الخام من سيانمور الكلسيوم على ٢٠ ٪ من الأزوت بدلا من اشتماله على ٣٥ ٪ كما يقتضيه قانونه التركيبي (+) وهو مسحوق أسود يشبه سماد خبث

(+) لأنه يمد النبات بالأزوت الصالح لتغذيته من جهة وبالبوتسيوم من جهة أخرى — المترجم

(+) أى:
كا = ٤٠
ك = ١٢
ز٢ = ٢٨
كا ك ز٢ = ٨٠ أى أن مقدار الأزوت هو ٢٨/٨٠ وهذا يساوى ٣٥ ٪ — المترجم

المعادن فى المنظور وقد استعمل فى تسميد الأرض فكانت النتيجة فى كثير من الأحيان مماثلة فى الجودة لما ينجم عن استعمال كمية الأزوت عينها فى شكل أزوتات الصودا أو كبريتات النشادر. وقد أبانت التجارب أن وضع سيانمور الكالسيوم فى الأرض الدبالية ضار بالنبات . ويقال أن السبب هو تكوّن ديسيندياميد (*Dicyandiamide.*) بتأثير الحوامض التى فى تربة الأرض وهو سم فعال يهلك النبات

ويغلب على الظن أن سيانمور الكلسيوم فى الأحوال المعتادة أى عند عدم وجود الحوامض فى التربة يتحلل هكذا :

كا ك ز$_{٢}$ + ٣ يد$_{٢}$ ا = كا ك ا$_{٣}$ + ٢ ز يد$_{٣}$

ومن هذا نرى أن التربة تحصل على جميع أزوت السيانمور فى شكل نشادر، فأزوته اذن صالح للتأزت

(ب) الأسمدة الفسفاتية

من الأسمدة التى ينحصر نفعها تقريبا فيما تحتوى عليه من الفسفات الجوانو الفسفاتى والعظام خصوصا ما أحرق منها وما عولج بالبخار وقد سبق الكلام عليها . وهناك مواد أخرى تشتمل على الحامض الفسفوريك أكثر أهمية من هذه ، بسبب وفرتها فى الكون . ويجدر بنا قبل التكلم على هذه أن نشرح على سبيل الايجاز الأحوال المختلفة التى يوجد عليها الحامض الفسفوريك فى الأسمدة :

(١) يوجد منفردا أى غير متحد وقانونه يد$_{٣}$ فو ا$_{٤}$ والنقى منه غليظ القوام شبه صلب ينشأ من تأثير الحامض الكبريتيك فى الفسفات وهاك معادلة التفاعل :

كا$_{٣}$ فو$_{٢}$ ا$_{٨}$ + ٣ يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = ٣ كا كب ا$_{٤}$ + ٢ يد$_{٣}$ فو ا$_{٤}$

ويذيب الماء مقدارا عظيما من هذا الحامض . ويوجد منه مقدار صغير فى بعض نماذج من فوق الفسفات

(٢) يوجد الحامض الفسفوريك أيضا فى ضمن فسفات الكالسيوم الأحادى (أول فسفات الكلسيوم) أى كا يد$_{٤}$ فو$_{٢}$ ا$_{٨}$ وهو مركب يتكون من معالجة فسفات الكلسيوم بمقدار صغير من الحامض الكبريتيك وهاك معادلة التفاعل :

كا$_{٣}$ فو$_{٢}$ ا$_{٨}$ + ٢ يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$ = كا يد$_{٤}$ فو$_{٢}$ ا$_{٨}$ + ٢ كا كب ا$_{٤}$

وفسفات الكلسيوم الأحادى سهل الذوبان فى الماء وهو الجزء ذو القيمة العظمى فى فوق الفسفات

(٣) يوجد الحامض الفسفوريك أيضا فى ضمن فسفات الكلسيوم الثنائى (ثانى فسفات الكلسيوم) أى كا$_{٢}$ يد$_{٢}$ فو$_{٢}$ ا$_{٨}$ وقد يكتب هكذا :

كا يد فو ا$_{٤}$ وهو مركب صلب أبيض يرسب عند معالجة فسفات الصديوم المعتاد أى ص$_{٢}$ يد فو ا$_{٤}$ بكلورور الكلسيوم أى كا كل$_{٢}$ كما يتبين من المعادلة الآتية :

كا كل$_{٢}$ + ص$_{٢}$ يد فو ا$_{٤}$ = كا يد فو ا$_{٤}$ + ٢ ص كل

ويكاد فسفات الكلسيوم الثنائى لايذوب فى الماء وحده ولكنه يذوب فيه عند وجود بعض الأملاح كنترات الأمنيوم . والمظنون أنه أسهل منالا على جذور النبات من فسفات الكلسيوم الثلاثى . ويوجد فى فوق الفسفات خصوصا بعد حفظه مدة من الزمن

(٤) يوجد الحامض الفسفوريك أيضا فى ضمن فسفات الكالسيوم الثلاثى أى كا$_{٣}$ فو$_{٢}$ ا$_{٨}$ وهو جسم أبيض يكاد لا يذوب فى الماء منه شئ لكنه يذوب بسهولة فى الحوامض . وهو الجسم الذى يوجد الحامض الفسفوريك

ضمنه فى العظام وفى الفسفات المعدنى وفى غالب أصناف الجُوَانُو . ويزداد ذوبانه كثيرا فى الماء المشتمل على ثانى أكسيد الكربون . وذوبانه تابع أيضا لدرجة دقة أجزائه ولحالته الطبيعية . فهو أكثر ذوبانا اذا كان منعم الدق مساميا غير متبلور مما اذا كان جَرِيشا مندمجا متبلورا . ويحتوى فسفات الكلسيوم الثلاثى غالبا على كلورور الكلسيوم أى كا كل٢ أو فلورور الكلسيوم أى كا فل٢

(٥) يوجد الحامض الفسفوريك أيضا فى ضمن فسفات الكلسيوم الرباعى (رابع فسفات الكلسيوم) أى كا٤ فو٢ أ٩ وهو مركب يكاد لا يذوب فى الماء ولكنه يذوب فى كثير من المحلولات الملحية ويوجد فى خبث المعادن الذى يتكوّن أثناء تنقية زهر الحديد (الحديد الزهر) من الفسفور بطريقة بِسمَر القلوية أو بطريقة سِيمِنْز القلوية

(٦) يوجد الحامض الفسفوريك أيضا فى ضمن فسفات الحديديك أى ح فو أ٤ وفسفات الألومنيوم أى لو فو أ٤ وهذان المركبان لا يذوبان فى الماء تقريبا ولا يذوب منهما فى الحوامض النباتية المخففة الا شىء يسير ، ولهذا كان تناولهما صعبا على النبات وكان استعمالها سمادا عديم الجدوى الا اذا أنعم دقهما ، غير أنهما اذا تكونا فى التربة من تأثير إيدرات الحديديك أو إيدرات الألومنيوم فى الفسفات القابل للذوبان كانا صالحين لامداد جذور النبات بالحامض الفسفوريك نوعا ما على ما يظهر

وعلى العموم يمكن القول بأن المركب الذى يتكوّن بواسطة الرسوب من محلول التربة نفسها أسهل تناولا على النبات من المركب عينه اذا أضيف الى التربة كامل التكوين ولو كان منعم الدق

وأهم الأسمدة الفسفاتية التى يتجر فيها ما يأتى :

(١) الفسفات المعدنى — ومعظمه مكون من فسفات الكلسيوم الثلاثى أى كا٣ فو٢ أ٨

ويوجد من الفسفات المعدنى هذا كميات وافرة فى الممالك المتحدة بأمريكا وفى بلجيكا وفى بلاد الجزائر وكندا والغالب عدم استعماله كما هو بل يحوّل الى فوق الفسفات أولا ، ولكن المسحوق منه سحقا جيدا يعود على الأرض بالفائدة أحيانا

(٢) فوق الفسفات المعدنى — يصنع هذا السماد بمعالجة الفسفات الطبيعى المتقدم بالحامض الكبريتيك (الحامض المستعمل فى المعامل الذى كثافته ١٫٥٥) وقد بينا فيما سبق نوع التفاعل الذى يحدث . وجل الحامض الفسفوريك الذى فى فوق الفسفات على شكل فسفات الكلسيوم الأحادى أى كا يد٤ فو٢ أ٨ ويوجد جزء منه على شكل فسفات الكلسيوم الثلاثى أى كا٣ فو٢ أ٨ الذى لم يتغير بتأثير الحامض الكبريتيك كما يوجد جزء منه غالبا على شكل فسفات الكلسيوم الثنائى أى كا٢ يد٢ فو٢ أ٨ ويكتب أيضا هكذا كا يد فو أ٤

(٣) العظام المذابة — تصنع هذه بطريقة تشبه المتقدمة غير أنها تشتمل على مادة أزوتية ويبقى فيها عادة مقدار كبير من فسفات الكلسيوم الثلاثى بدون تغير

(٤) سماد خبث المعادن القلوى أو فسفات تُوماس — يتكون هذا السماد أثناء صناعة الفولاذ أى الصلب من زهر الحديد بطريقة بِسمَر القلوية . ويشتمل عادة على ما يتردد بين ١٦ و ١٨ ٪ من خامس أكسيد الفسفور فى ضمن فسفات الكلسيوم الرباعى أى كا٤ فو٢ أ٩ وعلى جير غير متحد وهذا السماد أكثر موافقة للأراضى المشتملة على قدر وافر من المادة العضوية

وليس له تأثير فى الأرض الا اذا كان منعم الدق جدا ولهذا كانت قيمته تابعة على الأكثر لاجادة سحقه . ويجب أن ينفذ منه مقدار يتردد بين ٨٠ و ٩٠ ٪ من مُنخُل سعة كل عين من عيونه ٠٫٢ من المليمتر تقريبا . ولا

يذوب الحامض الفسفوريك الذى يشتمل عليه هذا السماد فى الماء ولكنه يذوب بسهولة فى المحلولات الملحية كمحلول سترات الأمنيوم . ويختلف تركيب نماذجه التجارية كثيرا ولكن الجيد منها يشتمل على نحو ١٨ ٪ من خامس أكسيد الفسفور و ٤٥ ٪ من الجير و ١٥ ٪ من أكسيد الحديديك ومقادير صغيرة من السلكا والمجنزيا والأليومنا وغير ذلك

(ج) الأسمدة البوتسية

أراضى انجلترا فى الغالب أقل احتياجا الى البوتسا منها الى الأزوت والفسفور غير أن من المزروعات مايحتاج من البوتسا الى مقدار أكبر مما يمكنه الحصول عليه من بعض الأرضين فيزداد نموه باستعمال الأسمدة البوتسية

وقد كان رماد النبات مستعملا بكثرة لتسميد الأراضى الزراعية بسبب احتوائه على كربونات البوتسوم ، ولا يزال يستعمل نوعا مّا الى يومنا هذا . وأهم مورد للمركبات البوتسية الآن رواسب إسْتَسْفَرْت بألمانيا . وهى رواسب عظيمة تعلو طبقات هائلة من الملح الجبلى (*) وتستخرج منها مقادير كبيرة من أملاح شتى يرسل بعضها الى الأسواق للبيع على حالته الطبيعية بدون سابق إعداد سوى أنه يُجْرَش وذلك كالكَيْنِيت وينقى البعض الآخر باذابته وترسيبه قبل أن يرسل الى أسواق البيع وذلك مثل كبريتات البوتسيوم

ويوجد البوتسيوم فى الأملاح المستخرجة من رواسب إسْتَسْفَرْت فى ضمن الكلورور أى بو كل أو فى ضمن الكبريتات أى بو٢ كب ا٤ والأول من هذين أكثر ذوبانا وقبولا للانتشار من الثانى ولكنه يضر بعض أنواع النبات كالدخان والبطاطس على ما يظهر

(*) قد اقترحت مصادر عدة للبوتسا أثناء الحرب العظمى وأكثر هذه المصادر إيذانا بالنجاح هو الدُّقاق الذى يتكوّن أثناء صهر بعض معدنيات الحديد

ولنتكلم الآن على أهم المركبات البوتسية التى يمكن شراؤها واستعمالها سمادا :

(١) الكَيْنِيت — هو أكثر الأسمدة البوتسية استعمالا وهو عبارة عن مخلوط مكوّن من عدة أملاح منها كلورور البوتسيوم وكبريتاته وكلورور المجنزيوم وكبريتاته وكلورور الصديوم وكبريتات الكلسيوم ، ويشتمل عادة على ما يتردد بين ١٢ و ١٣ ٪ من البوتسا أى بو٢ ا وعلى ما يتردد بين ٢٥ و ٤٥ ٪ من ملح الطعام

(٢) ميُورِيَات البوتسا — هذا هو الاسم القديم لكلورور البوتسيوم وترسل منه الى الأسواق أصناف كثيرة تحتوى على ما يتردد بين ٧٠ و ٩٥ ٪ من بو كل وهذا يعادل ما يتردد بين ٤٤ و ٥٨ ٪ من بو٢ ا وملح الطعام أهم المواد الغريبة التى توجد فيه

(٣) كبريتات البوتسيوم — يباع من هذا الملح صنفان نقاوة أحدهما ٩٠ ٪ ونقاوة الآخر ٩٦ ٪ وهذا يعادل ٤٩٫٦ ٪ و ٥٢٫٥ فى المائة من بو٢ ا

(٤) كبريتات البوتسيوم والمجنزيوم المزدوج — يصنع هذا المركب بتكليس الملح المتبلور الذى قانونه ما كب ا٤ و بو٢ كب ا٤ و ٦ يد٢ ا ويشتمل عادة على نحو ٥٠ ٪ من بو٢ كب ا٤ و ٣٤ ٪ من ما كب ا٤ و ١١٫٥ ٪ من الماء وهذا يعادل نحو ٢٧ ٪ من بو٢ ا

وأكثر الأراضى الزراعية احتياجا للبوتسا هى الرملية الخفيفة أو الجيرية خصوصا ما كان منها معدا لانماء البطاطس والحشائش والبرسيم والحمص والفول

وأحسن الفصول لاستعمال الأسمدة البوتسية الخريف والشتاء ولا خوف عليها من الضياع فى مياه الرشح

(د) أسمدة شتى

(١) ملح الطعام — ليس لهذا الملح قيمة سمادية على العموم غير أن له تأثيرا نافعا فى مركبات البوتسا والجير والمجنزيا فى التربة وله تأثير حسن فى بنجر الحقل والكرنب وبواسطته يزيد ذوبان الفسفات والسلكات

(٢) الجص أى كا كب ا٤ , ٢ يد٢ ا — دلت التجارب على أن هذا المركب يصلح البرسيم واللفت وربما كان السبب فى ذلك كونه يمد الأرض بالكبريت ، ولكن يغلب على الظن أن نفعه راجع الى كونه واسطة لفصل البوتسا من السلكات غير القابل للذوبان من جهة والى كونه يساعد على "تكوين الأزوتات" من جهة أخرى

(٣) الجير الحىّ أى كا ا والجير المطفأ أى كا يد٢ ا٢ والطباشير والمَرْل (+) والحجر الجيرى أى كا ك ا٣ وجميعها أسمدة مفيدة فى كثير من الأحيان ، وتشتمل على مقدار قليل من الفسفات تمد النبات به ولكن أعظم نفع لها ينحصر فى كونها تحدث تأثيرا قلويا فى الأرض فتأتى بفائدتين :

(١) انها تجعل الحوامض النباتية التى تتكوّن من تعفن المواد العضوية فى حالة تعادل

(٢) انها تزيد عملية التأزت

والجير الكاوى الذى يشمل الحىّ أى كا ا والمطفأ أى كا يد٢ ا٢ أشد تأثيرا من الطباشير والحجر الجيرى دائما ، ولو أنه يستحيل بعد زمن يسير من وضعه فى التربة الى المركب كا ك ا٣ ذاته . والسبب فى هذا أن أيدرات الكلسيوم يذوب فى الماء فينتشر بين أجزاء التربة بانتظام (+) ولا يتيسر توزيع الطباشير

(+) الطين الجيرى أو المرل هو الطين الذى يحتوى على أكثر من ٥ ٪ من كربونات الكلسيوم — المترجم

(+) الجير الحىّ يستحيل بمجرّد وضعه فى الأرض الى جير مطفأ أى الى ايدرات الكلسيوم — المترجم

والحجر الجيرى بهذه الكيفية مهما أنعم دقهما . وهناك فائدة أخرى للجير وهى أنه يسبب تجمع الأجزاء الطينية فى التربة . وينبغى ان لا يعزب عن الفكر أن وضع المركبات الجيرية فى الأرض مرات متوالية ربما يُفنى المركبات الأزوتية التى يشتمل عليها الدبال

والجير المستخرج من الأحجار الجيرية المجنزية يحتوى على المجنزيا أى ما ا وهو لهذا أقل نفعا للأراضى الزراعية من الجير الأكثر نقاء . ويغلب على الظن أن السبب فى هذا كون المجنزيا لا تمتص ثانى أكسيد الكربون الذى فى ماء التربة ولا غازاتها بالسرعة التى يمتص بها الجير هذه المواد ، وبذلك تبقى المجنزيا حافظة لحدّتها زمنا أطول مما يبقاه الجير فيتعطل بذلك نمو النبات

(٤) جير غاز الفحم — هو عبارة عن نفاية المركبات التى تتكون فى معامل غاز الاستصباح أثناء تمرير الغاز فوق الجير المطفأ لتنقيته من ثانى أكسيد الكربون أى ك ا٢ والأيدروچين المكبرت أى يد٢ كب . وهو مخلوط معقد التركيب يشتمل على كربونات الكلسيوم وأيدراته وعلى مقادير مختلفة من مركبات كبريتية غير تامة التأكسد ككبريتيت الكلسيوم أى كا كب ا٣ وكبريتور الكلسيوم أى كا كب وثانى كبريتيت الكلسيوم أى كا كب٢ ا٣ وهذه المركبات الكبريتية سموم قتالة للنبات ، ولهذا كان استعمال جير غاز الفحم بعد تكوّنه مباشرة ضارا بالنبات . فينبغى تعريضه تماما للهواء مدة من الزمن قبل استعماله حتى تستحيل فيه المركبات الكبريتية الناقصة التأكسد الى كبريتات الكلسيوم أى كا كب ا٤

(٥) كبريتات الحديدوز الذى يعرف بالزاج الأخضر وقانونه ح كب ا٤ , ٧ يد٢ ا وكبريتات النحاس الذى يعرف بالزاج الأزرق وقانونه نح كب ا٤ , ٥ يد٢ ا — يندر استعمال هذين المركبين سمادا ولكنهما يستعملان رشاشا لابادة الكبر الذى يعرف أيضا بالخردل الشيطانى ولابادة الأمراض الفطرية . ويقال أن كبريتات الحديدوز سماد نافع للحشائش

والفول والبطاطس و بنجر الحقل (المَنْجُلْد) ونباتات الحبوب . ومقدار ما يوضع منه فى الفدان المصرى ٥٦٫٥ رطل مصرى . ويقال أيضا انه يقتل الطحلب وانه يغذى النبات من جهة كونه يزيد فى تكوين المادة الخضراء فى المزروعات ويقوم مقام الأسمدة البوتسية من بعض الوجوه

تحليل الأسمدة وتقويمها

تقدر قيمة السماد على حسب ما يشتمل عليه من الأزوت وخامس أكسيد الفسفور والبوتسيوم . ويعبر فى التجارة غالبا عن نتيجة التحليل بالنسب المئوية لما يحتوى عليه السماد من "الأمنيا" (ز يد٣) و"الفسفات" الذى يعنى به فسفات الكلسيوم الثلاثى و"البوتسا" . ولكننا نعلم أن كثيرا من الأسمدة كأزوتات الصديوم لا يوجد أزوته على شكل أمنيا وأن فسفات الكلسيوم الثلاثى لا يمثل الحالة التى يوجد عليها خامس أكسيد الفسفور فى كثير من الأسمدة كما نعلم أن البوتسا أى بو٢ ا ليست فى الحقيقة داخلة فى ضمن بعض الأسمدة كمِيُوريات البوتسا أى بو كل

وهاك الطريقة التى يعبر بها عن تركيب فوق الفسفات فى التجارة :

	النسبة فى المائة
فسفات الكلسيوم الأحادى أو فسفات الجير الأحادى القاعدية (= ٢٣٫٥ ٪ من فسفات الكلسيوم الثلاثى الذى جعل قابلا للذوبان أو بعبارة أخرى من "الفسفات القابل للذوبان")	١٥
فسفات غير قابل للذوبان	٣
كبريتات الكلسيوم الأيدراتى	٥٤
أملاح قلوية	٢
ماء	٢٢
سلكا	٤
	١٠٠

وليس المقصود من فسفات الجير الأحادى القاعدية فى مثل هذا التحليل فسفات الكلسيوم الأحادى الحقيقى (كا يد٤ فو٢ ا٨) بل يقصد به المركب الذى ينتج بعد نزع جُزَيْئَيْن من مائه أى كا فو٢ ا٦ وان كان هذا المركب فى الحقيقة عبارة عن مِتَافُسْفَات الكلسيوم الذى لا وجود له فى الأسمدة وتظهر العلاقة بين هذا المركب وفسفات الكلسيوم الثلاثى بسهولة من قانونيهما الاتيين :

كا فو٢ ا٦	كا٣ فو٢ ا٨
٤٠ + ٦٢ + ٩٦ = ١٩٨	١٢٠ + ٦٢ + ١٢٨ = ٣١٠

أى أن مقدار فسفات الكلسيوم الأحادى × ٣١٠ ÷ ١٩٨ = مقدار فسفات الكلسيوم الثلاثى أو فسفات الجير الثلاثى القاعدية كما يعبر عنه فى بعض الأحيان

ويوجد فى كثير من أصناف فوق الفسفات مقدار من خامس أكسيد الفسفور على شكل فسفات الكلسيوم الثنائى أو الأيدروجينى أى كا يد فو ا٤ وهو مركب لا يذوب فى الماء لكنه يذوب فى كثير من المحلولات الملحية كمحلول سترات الأمنيوم ويعرف فى بعض الأحيان بالفسفات "المُنْقَلِب" أو "المُخْتَزَل" والأولى تسميته بالفسفات "القابل للذوبان فى السترات" على أن خامس أكسيد الفسفور هو الجزء الوحيد من الأسمدة الفسفاتية ذو القيمة الحقيقية ولهذا كان الأولى من جميع الوجوه أن تُدَوَّن نتيجة تحليل الأسمدة الفسفاتية على النمط الآتى :

مجموع خامس أكسيد الفسفور :	النسبة فى المائة
خامس أكسيد الفسفور القابل للذوبان	
« « « « فى السترات	
« « « غير القابل للذوبان	

ولا شك أن معانى هذه المصطلحات أخصر وأدق

ويقدر ثمن السماد من نتيجة التحليل الكيميائى عادة بواسـطة ما يسمى "ثمن الوحدة" لكل جزء من الأجزاء الثلاثة الرئيسـية فى الأسمدة . وثمن الوحدة تابع لحالة الأسواق التجارية ولذلك كان عرضة للتغير . وهو عبارة عن ثمن واحد فى المـائة من الطن أى ثمن ٢٢٫٤ رطل انجليزى من كل جزء من الأجزاء السمادية الثلاثة المتقدمة

فاذا فرضنا أن نموذجا من أزوتات الصديوم يشتمل على ١٥٫٧٥ ٪ من الأزوت وأن ثمن الطن منه ٨ جنيهـات انجليزية كانت قيمة الأزوت أى "ثمن الوحدة" منه :

$$\frac{٨ \times ٢٠}{١٥٫٧٥} = ١٠٫٢ \text{ شلن أو } ١٠ \text{ شلن } ٢٫٥ \text{ بنى}$$

واذا فرضنا أن نموذجا من كبريتـات الأمنيوم يشتمل على ٢٤٫٥ ٪ من الأمنيـا أى $٢٤٫٥ \times \frac{١٤}{١٧} = ٢٠٫٢$ ٪ من الأزوت وأن ثمن الطن منه ١٢ جنيها انجليزيا كانت "قيمة الوحدة" من الأزوت :

$$\frac{١٢ \times ٢٠}{٢٠٫٢} = ١١٫٨٨ \text{ شلنا أو } ١١ \text{ شلن } ١٠٫٥ \text{ بنى}$$

وبطريقة مماثلة لهذه يمكننا أن نحسب "ثمن الوحدة" من خامس أكسيد الفسفور ومن البوتسا متى علمت أثمان الأسمدة المشتملة عليهما فى الأسواق . ويختلف "ثمن الوحدة" منهما باختلاف نوع السماد كما رأينا فى الأزوت

وفى غالب جداول أثمان الوحدات يدوّن ثمن الوحدة من "الأمنيا" ومن "الفسفات" ولكن الأفضـل تدوين ثمن الوحدة من "الأزوت" ومن "خامس أكسيد الفسفور" للأسباب التى تقدّمت

ولنذكر فى الجدول الآتى مثالا "لأثمـان الوحدات" المختلفة . ولكن ينبغى ألا يعزب عن الفكر أن هذه الأثمان تختلف باختلاف أسعار الأسواق وباختلاف نوع السماد :

ثمن الوحدة

		بنى	شلن		بنى	شلن
الازوت	من	—	١٠	الى	—	١٢
(= أمنيا	«	٣	٨	«	١٠٫٥	٩)
خامس أكسيد الفسفور القابل للذوبان...	«	١	٤	«	٥	٥
(= فسفات قابل للذوبان	«	٣	٢	«	—	٣)
خامس أكسيد الفسفور غير القابل للذوبان	«	٦	٢	«	٩	٢
(= فسفات غير قابل للذوبان...	«	٤	١	«	٧	١)
البوتسيوم	«	—	٤	«	٧	٤
(= بوتسا	«	٤	٣	«	٩	٣)

ولنذكر تتميما للفائدة مثالا لتقدير ثمن السماد بواسطة نتيجة التحليل الكيميائى : لنفرض أننا نريد حساب ثمن الطن من سماد مخلوط أظهر التحليل الكيميائى احتواءه على المواد السمادية الآتية :

	المقدار المئوى
الأمنيا	٥
الفسفات القابل للذوبان	١٥
« غير القابل للذوبان	٧
البوتسا	٣

فاذا اعتبرنا أن "ثمن الوحدة" من الأمنيا ٩ شلنات ومن الفسفات القابل للذوبان ٢,٥ شلن ومن الفسفات غير القابل للذوبان ١,٥ شلن ومن البوتسا ٣,٥ شلن أمكننا أن نحسب ثمن الطن من السماد المخلوط هكذا :

			شلن	بنى		بنى	شلن	جنيه
الأمنيا	٥	×	٩	—	=	—	٥	٢
الفسفات القابل للذوبان ...	١٥	×	٢	٦	=	٦	١٧	١
« غير القابل للذوبان	٧	×	١	٦	=	٦	١٠	—
البوتسا	٣	×	٣	٦	=	٦	١٠	—
فثمن الطن إذن من هذا السماد المخلوط					=	٦	٣	٥

الفهرس الأبجدى للجزء الأول من كتاب الكيمياء الزراعية

حرف الألف

(تابع) حرف الألف

حرف البـاء

حرف التـاء

(تابع) حرف التـاء

حرف الثـاء

حرف الجيم

حرف الحـاء

(تابع) حرف الحاء

حرف الخاء

حرف الدال

(تابع) حرف الدال

حرف الذال

حرف الراء

حرف الزاى

حرف السين

(تابع) حرف السين

حرف الشين

حرف الصاد

حرف الضاد

حرف الطاء

حرف العين

حرف الغين

حرف الفاء

حرف القاف

حرف الكاف

حرف اللام

حرف الميم

(تابع) حرف الميم

حرف النون

(تابع) حرف النون

حرف الهاء

حرف الواو

حرف الياء

(المطبعة الاميرية ٨٩٦٩/١٩٢٢/٧٠٠)


80025 75540